

Г. А. Шароглазова, П. С. Долгий

ОСНОВЫ ГЕОДИНАМИКИ

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «Геодезия»*

**Минск
РИВШ
2024**

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ.....	14
1.1. Современные представления о внутреннем строении Земли.....	14
1.2. Гипотезы тектоники плит и расширения океанического дна	20
1.3. Современные движения земной коры. Землетрясения и вулканизм	29
ГЛАВА 2. ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	40
2.1. Обзор методов изучения современных движений земной коры	40
2.2. Виды повторных геодезических измерений	43
2.2.1. Повторное нивелирование	43
2.2.2. Тектонические разломы. Повторные линейно-угловые и спутниковые измерения	45
2.3. Геодезические предвестники землетрясений и вулканических извержений. История формирования представлений о возможностях геодезии	55
2.4. Проектирование и выполнение работ на геодинамических полигонах.....	62
2.4.1. Классификация геодинамических полигонов	62
2.4.2. Геодезические построения на геодинамических полигонах	63
2.4.2.1. Прогностические геодинамические полигоны.....	63
2.4.2.2. Геодинамические полигоны ГЭС	72
2.4.2.3. Техногенные ГДП, создаваемые в местах добычи полезных ископаемых и интенсивного использования подземных вод.....	77
2.4.2.4. Геодинамические полигоны атомных электростанций.....	83

2.4.3. Производство повторных геодезических измерений на геодинамических полигонах	93
2.4.3.1. Общие сведения о производстве геодезических работ на геодинамических полигонах	93
2.4.3.2. Производство нивелирования на геодинамических полигонах	97
2.4.3.3. Производство повторных геодезических измерений при определении горизонтальных деформаций земной коры на геодинамических полигонах	104
2.4.3.3.1. Общие сведения о выполнении геодезических измерений в плановых построениях на ГДП	104
2.4.3.3.2. Источники ошибок высокоточных спутниковых измерений и способы ослабления их влияния	106
2.4.3.3.3. Методика производства спутниковых измерений в плановых сетях локальных ГДП	120
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВТОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	126
3.1. Определение параметров вертикальных деформаций земной коры из повторного нивелирования	126
3.2. Графическое представление параметров вертикальных деформаций земной коры	128
3.2.1. Составление графиков накопления разностей превышений между циклами повторного нивелирования	131
3.2.2. Построение графиков смещений и скоростей в пространственно-временной области	133
3.2.3. Составление карты современных вертикальных движений земной коры	135
3.3. Определение параметров горизонтальных деформаций земной коры	139

3.3.1. Общие сведения.....	139
3.3.2. Определение разностей уравненных координат пунктов сети ГДП между эпохами измерений.....	142
3.3.2.1. Общие положения	142
3.3.2.2. Проблема выбора исходных данных при уравнивании геодезических сетей на ГДП.....	146
3.3.3. Использование метода трансформирования при определении горизонтальных деформаций земной коры	149
3.3.4. Уравнивание геодезических сетей на ГДП согласно теории свободного уравнивания	158
3.3.5. Совместное уравнивание двух циклов повторных измерений на ГДП (уравнивание по разностям).....	162
3.3.5.1. Уравнивание по разностям двух циклов повторных наземных измерений.....	162
3.3.5.2. Уравнивание по разностям двух циклов спутниковых измерений на ГДП.....	165
3.3.5.3. Определение параметров горизонтальных деформаций земной коры на ГДП по результатам повторных спутниковых измерений	167
3.3.5.4. Построение схем векторов горизонтальных смещений пунктов плановых сетей на ГДП. Достоинства и недостатки векторных схем.....	170
3.3.5.5. Применение теории деформации при анализе результатов геодезических исследований современных движений земной коры	172
3.3.5.6. Определение компонентов деформаций для двумерного пространства	178
3.3.5.6.1. Определение компонентов деформаций по разностям уравненных координат для двумерного пространства	178
3.3.5.6.2. Определение компонентов деформации по непосредственно измеренным величинам.....	182

3.3.5.6.3. Оценка точности компонентов двухмерных деформаций	185
3.3.5.6.4. Эффект от трансформирования координат и уравнивания по разностям измеренных элементов сети ГДП без исходных пунктов при вычислении компонентов деформации	188
ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОДИНАМИКЕ	192
4.1. Применение методов космической геодезии при исследовании глобальных, крупномасштабных и региональных геодинамических явлений.....	192
4.1.1. Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой	193
4.1.2. Спутниковая лазерная дальнометрия (SLR, Satellite Laser ranging), КОС	198
4.1.3. Доплеровская орбитографическая радиопозиционная интегрированная спутниковая система DORIS (ДОРИС)	203
4.1.4. Сеть международной ГНСС-службы IGS.....	206
4.1.5. Результаты исследований глобальных, крупномасштабных и региональных геодинамических явлений, полученных РСДБ, SLR (КОС), DORIS и IGS.....	208
4.2. ГИС-технологии в геодинамике.....	213
4.2.1. Общие сведения о геоинформационных системах, моделях Земли и базах данных геодинамических исследований.....	213
4.2.1.1. Общие сведения о геоинформационных системах.....	213
4.2.1.2. ГИС-проекты «Геодинамика»	215
4.2.2. Сбор пространственной информации для ГИС	220
4.2.2.1. Общие сведения об этапе сбора пространственной информации для ГИС.....	220

4.2.2.2. Сбор данных для геодинамических исследований в ГИС.....	222
4.2.2.2.1. Краткое описание источников данных в сети Интернет, применяемых в геодинамике	222
4.2.2.2.2. Информация о некоторых моделях Земли, применяемых в геодинамике	224
4.2.2.2.3. Сбор полевых экспериментальных данных для ГИС проектов «Геодинамика»	227
4.2.3. Хранение пространственной информации в ГИС: общие принципы и форматы данных.	231
4.2.4. Обработка и анализ данных в ГИС	235
4.2.4.1. Данные дистанционного зондирования в геодинамике.	236
4.2.4.2. Построение деформационных карт в ГИС.....	249
4.2.4.3. Выборка и фильтрация данных.....	251
4.2.4.4. Некоторые возможности анализа в ГИС	254
4.2.5. Оформление тематической карты	262
ГЛАВА 5. ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ И ГЕОДИНАМИКА.....	266
5.1. Связь изменений силы тяжести с глобальными и крупномасштабными геодинамическими явлениями	266
5.2. Изменения силы тяжести на геодинамических полигонах.....	268
5.2.1. Учет изменений гравитационного поля, вызванных заполнением водохранилища и колебанием его уровня в период эксплуатации, при обработке данных повторного нивелирования на геодинамических полигонах ГЭС	272
5.2.2. Учет влияния вариаций гравитационного поля на результаты высокоточного нивелирования в районах активного вулканизма.....	281
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	292
СПИСОК ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ	306