

550.34(477)
Г.54



ГЛИБИННА БУДОВА ЛІТОСФЕРИ ТА СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ



**DEEP STRUCTURE
OF THE LITHOSPHERE
AND SEISMIC
HAZARD
IN UKRAINE**

*«SCIENTIFIC BOOK»
PROJECT*

KYIV • NAUKOVA DUMKA • 2019

**ГЛИБИННА БУДОВА
ЛІТОСФЕРИ
ТА СЕЙСМІЧНА
НЕБЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЇ
УКРАЇНИ**

*ПРОЕКТ
«НАУКОВА КНИГА»*

УДК 550.347.097; 551.14:550.3

Автори:

*О. В. Кендзера, В. Д. Омельченко, Д. В. Лисинчук,
О. В. Легостаєва, Д. М. Гринь, К. В. Коломієць, А. П. Толкунов, С. С. Чулков*

У монографії розглянуто побудову глибинних швидкісних моделей земної кори та верхньої мантії уздовж регіональних профітів на території України. Глибинні моделі будови геологічних розрізів використано для забезпечення сейсмічного захисту житла, промислових споруд, енергетичних об'єктів з метою збереження стабільного розвитку країни. Запропоновано концепцію сейсмічного захисту будинків і споруд, удосконалення методів вивчення глибинної будови й динаміки літосфери, а також методики визначення положення і геометрії тектонічно активних зон, їх сейсмічного потенціалу, територіального розподілу джерел сейсмологічної небезпеки, врахування особливостей реакції геологічного середовища під будівельними та експлуатаційними майданчиками об'єктів на території країни. Наведено нові результати визначення проектних характеристик сейсмічних впливів при вивченні сейсмічних умов розташування атомних електростанцій, гідро- і теплоелектростанцій та інших об'єктів у сейсмічних зонах України.

Для фахівців з обробки та інтерпретації даних сейсморозвідки.

During recent years, the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine received new experimental data, the processing and interpretation of which provided the construction of deep-velocity models of the earth's crust and upper mantle along regional profiles on the territory of Ukraine. Depth models of the structure of geological sections were used to provide seismic protection of housing, industrial facilities, energy facilities, in order to maintain a stable development of the country. The concept of seismic protection of buildings and structures, improvement of techniques for studying the depth structure and dynamics of the lithosphere, as well as methods for determining the position and geometry of technically active zones, determining their seismic potential, territorial distribution of seismological hazards, taking into account the peculiarities of the reaction of the geological environment under construction and operational sites, were »proposed. New results on determining the design characteristics of seismic influences are presented in the study of the seismic conditions of the location of nuclear stations, hydro- and thermal-stations and other objects in seismic zones of Ukraine.

For seismic data processing and interpretation specialists.

Рецензенти:

доктор фізико-математичних наук професор *О. П. Петровський*,
академік НАН Азербайджану *Ф. А. Кадиров*

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України
(протокол № 8 від 15.06.2018 р.)*

*Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми
« Створення та розвиток науково-видавничого комплексу
НАН України »*

Науково-видавничий відділ медико-біологічної,
хімічної та геологічної літератури

Редактор *О. І. Калашикова*

© О. В. Кендзера, В. Д. Омельченко, Д. В. Лисинчук, О. В. Легостаєва,
Д. М. Гринь, К. В. Коломієць, А. П. Толкунов, С. С. Чулков, 2019

ISBN 978.966.00.1718-4

© НВП «Видавництво “Наукова думка” НАН України», дизайн, 2019

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА.....	5
ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ І СИМВОЛІВ	7
Р О З Д І Л 1. ГЛИБИННА БУДОВА І СЕЙСМІЧНІСТЬ ЛІТОСФЕРИ УКРАЇНИ.....	9
1.1. Регіональна геологія.....	10
1.2. Сейсмічність територій України і суміжних регіонів.....	30
1.3. Сейсмічна мережа НАН України	33
Р О З Д І Л 2. ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ЗЕМНОЇ КОРИ ТА ВЕРХНЬОЇ МАНТІЇ ЗА ДАНИМИ ШИРОКОКУТНИХ СЕЙСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
2.1. Інтерпретація сейсмічних даних на підставі розрахунку швидкісних моделей та синтетичних сейсмограм	38
2.1.1. Розрахунок першого наближення швидкісної моделі на основі програм гомографічної інверсії перших вступів заломлених хвиль.....	41
2.2. Спільна томографічна інверсія годографів заломлених і відбитих хвиль та пряме променеве моделювання на прикладі сейсмічних даних профілю DOBRE-4	45
2.3. Розрахунок швидкісних моделей на основі прямого променевого моделювання	59
2.4. Розрахунок синтетичних сейсмограм на основі моделювання повного хвильового поля	76
2.5. Результативні швидкісні моделі будови літосфери та їх геологічна інтерпретація за даними регіональних профілів ширококутного глибинного сейсмічного зондування	88
2.5.1. Профіль EUROBRIDGE'97	88
2.5.2. Профілі DOBREfraction'99 і DOBRE-2	98
2.5.3. Профіль PANCAKE.....	102
2.5.4. Профіль DOBRE-4	108
2.5.5. Профіль DOBRE-5	114
Р О З Д І Л 3. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ЩОДО БУДОВИ І ДИНАМІКИ ЛІТОСФЕРИ	124
Р О З Д І Л 4. СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ БУДИНКІВ І СПОРУД ВІД ЗЕМЛЕТРУСІВ	133
4.1. Розробка нормативних документів	135
4.2. Прогнозні карти загального сейсмічного районування	136
4.3. Проблема прогнозування часу виникнення сильних землетрусів	138
4.4. Сейсмостійке будівництво як метод захисту від землетрусів	138
4.5. Розрахункові акселерограми і спектри реакції	141
4.6. Розвиток мережі режимних сейсмічних станцій	144
4.7. Детальне сейсмічне районування території	145

Зміст

Р О З Д І Л 5. СЕЙСМІЧНЕ МІКРОРАЙОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАЙДАНЧИКІВ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	146
5.1. Майданчик розташування головних споруд Ташлицької ГАЕС	148
5.1.1. Дані інженерно-геологічних досліджень	148
5.1.2. Моделі ґрунтів за інженерно-геологічними даними	150
5.1.3. Оцінювання сейсмічності майданчика ТГАЕС за методом сейсмогеологічних аналогій	155
5.1.4. Вибір еталонного ґрунту	156
5.1.5. Місцеві потенційно сейсмоактивні зони за даними неотектоніки	157
5.1.6. Сеймотектонічний потенціал локальних тектонічних структур	161
5.1.7. Оцінювання приростів сейсмічної інтенсивності методом сейсмічних жорсткостей	162
5.2. Розрахункові акселерограми для ділянок Ташлицької ГЕС	167
5.3. Методика генерування розрахункових акселерограм для моделювання сильних підкорових землетрусів із зони Вранча (Румунія)	169
5.4. Розрахункові акселерограми для землетрусів	172
ВИСНОВКИ	180
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	183

C O N T E N T S

FOREWORD	5
LIST OF ABBREVIATIONS AND SYMBOLS.....	7
C H A P T E R 1. DEPTH STRUCTURE AND SEISMICITY OF THE LITHOSPHERE OF UKRAINE	9
1.1. Regional Geology	10
1.2. Seismicity of the territory of Ukraine and adjacent regions.....	30
1.3. Seismic Network of the NAS of Ukraine.....	33
C H A P T E R 2. VELOCITY MODEL OF THE CRUST AND UPPER MANTLE FROM WIDE-ANGLE SEISMIC INVESTIGATIONS	38
2.1. Interpretation of seismic data based on the calculation of velocity models and synthetic seismograms.....	38
2.1.1. The initial velocity model designed with the first arrivals tomographic inversion program	41
2.2. Joint tomographic of refracted/reflected wave hodographs and ray tracing modeling using the DOBRE-4 profile seismic data.....	45
2.3. Calculation of velocity models based on direct seismic rays simulation	59
2.4. Calculation of synthetic seismograms based on full-wave modeling	76
2.5. Effective velocity models of lithosphere structure and their geological interpretation according to regional profiles of wide-angle deep seismic sounding	88
2.5.1. EUROBRIDGE'97 profile.....	88
2.5.2. DOBREfraction'99 and DOBRE-2 profiles	98
2.5.3. PANCAKE profile	102
2.5.4. DOBRE-4 profile.....	108
2.5.5. DOBRE-5 profile	114
C H A P T E R 3. THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE LITHOSPHERE BASED ON THE COMPLEX GEOPHYSICAL DATA ANALYSIS	124
C H A P T E R 4. SEISMIC HAZARD AND EARTHQUAKE PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES	133
4.1. The regulatory documents development	135
4.2. Forecast maps of general seismic zoning.....	136
4.3. The problem of strong earthquakes time predicting.....	138
4.4. Earthquake-resistant construction as a method of earthquake occurrence protection	138
4.5. Estimated accelerograms and response spectra	141
4.6. The modern seismic stations network development	144
4.7. Detailed seismic zoning of territories.....	145

Contents

CHAPTER 5. MICRODISTRICT SEISMIC ZONATION OF CONSTRUCTIONS AND OPERATIONAL SITES, GENERAL TERMS	146
5.1. Site of main structures location of the Tashlyk hydro-electric power station (THEPS)	148
5.1.1. Data of engineering-geological researches	148
5.1.2. Soil models based on engineering-geological data	150
5.1.3. The THEPS site seismicity estimation by the method of seismogeological analogies	155
5.1.4. Selection of the reference soil	156
5.1.5. Local potentially active seismic zones according to neotectonics	157
5.1.6. Seismotectonic potential of local tectonic structures	161
5.1.7. Estimation of seismic intensity increments by the seismic stiffness method.....	162
5.2. Estimated accelerograms for the THEPS sections	167
5.3. Method of generating calculated accelerograms for modelling of strong subcrustal earthquake from the Vrancea area (Romania)	169
5.4. Estimated accelerograms for earthquakes	172
CONCLUSIONS	180
REFERENCES	183