

RISCU SEISMIC ÎN TERITORIUL ORAȘULUI CHIȘINĂU

*Dr. hab. Vasile ALCAZ
Eugen ISICICO
Dr. Victoria GHINSARI*

SEISMIC RISK ON THE TERRITORY OF CHISINAU

The results of the assessment of seismic risk area of Kishinev city, derived from the computational model, taking into account the peculiarities of the seismic source, local soil conditions and the specificity of existing buildings are presented.

Introducere

Scopul principal al evaluării riscului seismic este prognozarea pagubelor posibile pentru a se lua măsurile necesare, menite să reducă la minimum daunele de pe urma eventualelor cutremure puternice.

Riscul este o categorie de spațiu și timp [1]. În această lucrare, riscul seismic este calculat pentru teritoriul or. Chișinău pe o perioadă de 100 de ani. În regiunea Vrancea, recurenței date îi corespunde magnitudinea $M=7,3-7,4$ [2]. Ținând cont de aceasta, la calculul pierderilor posibile au fost aplicați parametrii cutremurului din 10 noiembrie 1940 care a avut magnitudinea $M = 7,4$ – cea mai mare atestată în sec. XX în regiunea carpatică.

Evaluarea riscului seismic ca atare a fost precedat de colectarea, sistematizarea și procesarea unui volum mare de date distribuite spațial cu caracter seismologic, geologic și ingineresc, privind infrastructura urbei Chișinău. În total, baza electronică de date colectate din toate sursele accesibile conține pe moment informații cu privire la 24 560 clădiri și construcții din Chișinău. Scară de lucru pentru cartografierea zonelor urbane a fost cea de 1:2000. O evaluare calitativă a riscului seismic ar fi fost de neconceput fără utilizarea pe larg a tehnologiilor geoinformaționale GIS. În studiul de față s-au utilizat aplicații bine cunoscute, precum ArcGIS și MapInfo.

Evaluarea riscului seismic este doar una din etapele importante ale lucrărilor de asigurare a protecției seismice a populației și infrastructurii din capitală. Reflectarea altor activități ample va forma subiectul următoarelor articole preconizate a fi publicate în revista *Akademos*.

Descrierea succintă a construcțiilor din Chișinău

Orașul Chișinău în cadrul hotarelor actuale are o suprafață de 122 km². Teritoriul lui este format din 11 cartiere mari. Acum 100 de ani, orașul era amplasat, de fapt, în limitele actuale ale Sectorului Centru. Creșterea intensă a teritoriului a avut loc ca urmare a urbanizării satelor din împrejurimi, în special în a doua jumătate a secolului XX.

În construcția orașului de până la război dominau clădiri cu unu și cu două niveluri construite din materiale locale: cărămizi din lut brut cu adaos de paie întărite cu mortar de argilă și piatră ruptă cu mortar de var sau lut. Clădiri din calcar tăiat (cotileț) și cărămidă roșie obișnuită în oraș erau puține.

De la mijlocul anilor 1950, în Chișinău a început construcția blocurilor locative cu patru și mai multe niveluri. La baza acestui fond de construcții sunt casele construite după proiectele model de diferite serii:

- pentru clădirile din piatră – seriile 1- 311C, 1M - 438AC, 102SC;
- pentru clădirile mari din panouri – seriile 1- 464S, 1- 464AS, 1- 464MS, 135, 143, 143MK, 92MSB;
- pentru clădirile monolit – proiecte individuale cu înălțimea de până la 9 etaje și mai mult utilizând diferite metode de construcție (cofrajul în mișcare ș.a.)

În paralel cu construcția blocurilor de locuit cu mai multe etaje, în Chișinău pe parcursul perioadei postbelice se construiau case individuale. De regulă, la construcția lor au fost folosite materiale locale – lut, moloz, cotileț, mai puțin cărămidă și fortan. De la începutul anilor 1990, în practica de construcție a locuințelor individuale tot mai mult se utilizează betonul armat. Menționăm că în ultimii ani s-a dezvoltat intens construcția caselor individuale cu 2 și 3 etaje.

În partea centrală a orașului a rămas un număr semnificativ de clădiri, în special cu un etaj sau două, construite la sfârșitul secolului al XIX-lea – începutul secolului al XX-lea. Aceste clădiri se caracterizează prin rezistență seismică scăzută și un grad ridicat de uzură, multe dintre care fiind convertite, în ultimii 15-20 de ani, după reparații deseori doar cosmetice, de la uz rezidențial la uz în calitate de oficii sau spații de vânzare.

Timp de trei decenii, cu începere din anii 1990, la Chișinău au fost deschise zeci de întreprinderi industriale. Cel mai frecvent tip de construcție a clădirilor industriale a fost carcasa, mai rar s-a folosit monolitul sau panoul. O parte a construcțiilor vechi

Tabelul 4

Materialele pereților clădirilor joase

Nr. d/o	Materialul pereților	Nr. de case	%
1	Cărămizi din argilă	2833	15,17
2	Lut cu paie (chirpici)	1406	7,53
3	Scuturi realizate din lut, carcasa cu umplere	669	3,58
4	Piatră neprelucrată (brută)	3180	17,02
5	Fortan	36	0,19
6	Lemn	127	0,68
7	Ghips	3	0,02
8	Beton, pietriș, zgură de beton	544	2,91
9	Cărămidă	397	2,13
10	Cotileț	7574	40,55
11	Bloc din beton, beton armat	61	0,33
12	Nu a fost identificat	1849	9,90

Tabelul 5

Distribuția clădirilor înalte de locuit conform deciziilor de proiectare

Seria	Cantit.	%
1-311C	289	11,3
1M-438AC	447	17,5
102C	375	14,7
1-464AC	169	6,6
1-464MC	306	12,0
135	162	6,4
143,143MK	242	9,5
92MCB	8	0,3
P+8E	3	0,1
Proiect individual	541	21,2
Proiect experimental	9	0,4

reprezintă clădiri cu pereți din piatră sau mixte. Cele mai multe clădiri industriale au fost proiectate și construite ținând cont de măsurile antiseismice.

Distribuția construcțiilor urbane după destinație, vârsta și numărul de etaje sunt prezentate în tabelele 1, 2 și 3.

Tabelul 1

Distribuția clădirilor din oraș după destinație

Destinație	Număr	%
Case particulare de locuit	18379	74,9
Clădiri cu multe apartamente de locuit	3004	12,2
Clădiri industriale și comerciale	1360	5,5
Agenții, ministere, instituții, birouri)	889	3,6
Facilități socio-culturale (facilități medicale, teatre, cinematografe, hoteluri, muzee, stații de tren)	366	1,5
Instituțiile de învățământ (grădinițe de copii, școli, colegii, universități)	553	2,3

Tabelul 2

Distribuția de clădiri în oraș în funcție de vârstă

Perioada construcției	<1920	1920-1939	1940-1959	1960-1979	1980-1999	>1999
Numărul de construcții %	6,9	7,0	12,8	40,8	22,8	9,7

Tabelul 3

Distribuția de clădiri în oraș după numărul de etaje

Numărul de etaje	1-2	3-5	6-8	9-12	13-17	18-24
Numărul de clădiri	21016	2328	174	901	112	20

Distribuția clădirilor orașului în funcție de vârstă demonstrează că mai mult de un sfert (27 %) din ele sunt exploatate în medie între 100 și 50 de ani și foarte puține corespund cerințelor de rezistență seismică, atât termenilor de uzură generală, cât și tipului de construcție.

Din tabelul 1 se vede clar, că în Chișinău predomină casele individuale de locuit (75 %), în timp ce în apartamentele din blocuri care alcătuiesc doar 12% din clădiri, trăiește mai mult de 80 % din populație. Distribuția clădirilor de locuit de înălțime mică în funcție de materialele pereților, precum și a clădirilor înalte de locuit cu multe etaje, este prezentată în tabelele 4 și 5.

Unul dintre cei mai importanți pași în evaluarea riscului seismic este clasificarea clădirilor în funcție de gradul lor de reacție la acțiunea seismică concretă, adică identificarea tipului de rezistență la cutremur. O astfel de clasificare se efectuează în baza scării de intensitate seismică. În cazul nostru a fost utilizată scara MMSK-92 (o versiune îmbunătățită a scării MSK-64), clasificatorul căreia conține informații ce țin și de clădirile seismorezistente de tip C7, C8, C9, iar tipul A este divizat în A1 și A2 [3]. Anume această versiune de clasificare a clădirilor în funcție de tipul rezistenței seismice este adecvată construcțiilor urbane din Chișinău în starea actuală. Excepție prezintă tipul C9, deoarece în Chișinău clădiri rezistente la o intensitate a cutremurului de 9 grade practic nu sunt proiectate. În corespundere cu

această scară, construcția urbană curentă este după cum urmează:

A1 – clădiri locale din material care nu corespunde standardelor de 1-3 etaje, construite din cărămizi de lut crud și paie (chirpici), butelii de lut;

A2 – clădiri locale de bună calitate de 1-3 etaje, construite din piatră but, scuturi de lut (cadru cu umplutură), fortan (fără cadru de beton);

B – clădiri locale de bună calitate de 1-3 etaje din lemn, ghips, placi de ardezie (toate cele trei tipuri sunt relativ rare), but și bloc de zgură, beton celular fără armare, cărămidă, piatră tăiată (cotileț) fără întărire cu beton;

C7 – clădiri de tip serie și proiectate individual cu consolidare seismică de 7 grade din cărămidă, cotileț, precum și din blocuri de beton și panouri, din beton armat monolit, de regulă, cu înălțimea mai mult de trei etaje;

C8 – clădiri de tip serie și în bază de proiecte individuale cu consolidare seismică pentru 8 grade, precum și construcții destinate diferitor scopuri.

Diferența nivelului de rezistență seismică între C8 și C7 în medie este 1 grad, tot 1 grad între C7 și B; 0,75 grade între B și A2; 0,5 grade între A2 și A1. Aceste rezultate au fost obținute empiric prin analizarea efectelor cutremurelor din 1977 și 1986 pe teritoriul municipiului Chișinău. Procentul de distribuție a blocurilor de locuit din Chișinău cu privire la tipurile de rezistență seismică este prezentat în tabelul 6.

Tabelul 6

Distribuția clădirilor din oraș în funcție de tipul rezistenței seismice

Tip de rezistență seismică	A1	A2	B	C7	C8
Numărul de clădiri, %	20	21	46	11	2

Urmează a fi remarcat faptul că acele clădiri, care posedă o consolidare seismică la 7 și 8 grade, reprezintă doar 13% din numărul total al caselor de locuit ale orașului, însă acestea sunt case cu multe etaje și anume în ele trăiește cea mai mare parte a populației.

Vulnerabilitatea clădirilor din Chișinău

Vulnerabilitatea este înțeleasă ca proprietatea unui obiect construit de a-și pierde indicatorii săi calitativi și cantitativi de fiabilitate și securitate în urma unui impact. Vulnerabilitatea variază de la 0 (nicio deteriorare) până la 1 (nu poate fi restaurat). Dependența vulnerabilității de influența acțiunii seismice (de exemplu, în grade) este o funcție de vulnerabilitate.

Funcția de vulnerabilitate, care leagă gradul de afectare cu nivelul acțiunii seismice specificat în grade pe scara MSK, se determină de obicei empiric. Se studiază efectele de inginerie a cutremurelor locale puternice, se aplică datele statistice privind daunele aduse claselor de obiecte în zona de studiu, într-o situație seismo-geologică similară [4]. Până în prezent, Institutul de Geologie și Seismologie al AȘM a acumulat o arhivă de multe mii de date privind deteriorările, dar intervalul de intensități observate nu este încă suficient pentru a obține matricea totală regională a pierderilor. Prin urmare, în această etapă am restricționat matricele de selecție care modelează cel mai bine pierderile reale observate în timpul cutremurelor puternice carpatice. Ca exemplu, este prezentată funcția de vulnerabilitate pentru clădirile de piatră de tip B, predominante în cartierele orașului.

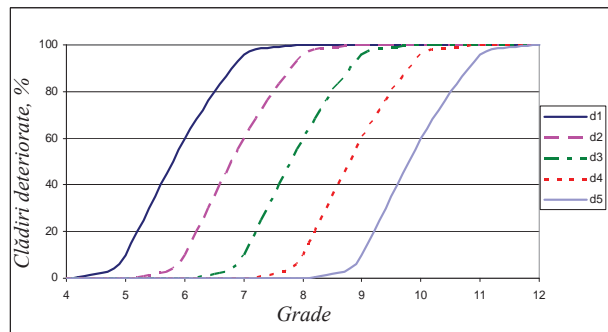


Fig. 1. Funcția de vulnerabilitate a clădirilor de piatră (d1 - d5 – gradul de afectare conform scării seismice EMSK-92)

Un aspect metodologic important este adaptarea (corectarea) funcției de vulnerabilitate a clădirilor ce diferă prin proprietățile sale de clasa căreia aparțin. Diferența poate fi cauza reală (de observare) și potențială (calculată) a modificării vulnerabilității. Remarcăm principalele cauze pentru corectarea funcției de vulnerabilitate:

1. Deficitul (sau excedența) rezistenței seismice a construcției, din cauza diferențelor ce se conțin în hărțile de microzonare seismică (MZS), în cele curente, și-n cea pe baza căreia a fost proiectat obiectul. Acestea includ, de asemenea, cazuri de neglijare a efectelor de rezonanță seismică în hărțile vechi MZS.

2. Evidența deteriorării fizice a obiectului. Corectarea vulnerabilității s-a realizat cu ajutorul funcției dependenței uzurii de timp.

3. Încercarea de a ține cont de implicările neautorizate ale locatarilor în construcție, cu încălcarea integrității structurilor de suport ale clădirilor. Având în vedere răspândirea pe larg a acestor implicații, precum și lipsa de informații despre locația lor,

pentru toate clădirile mari din paneele care constituie grupul cel mai sensibil și cel mai afectat de modificări, vulnerabilitatea s-a majorat cu 0,5 grade.

4. Prezența clădirilor cu așa-numite probleme, care, de regulă, au suferit deteriorări grave la cutremurele puternice anterioare. Pentru ele vulnerabilitatea apriori a crescut cu o unitate (un grad) de deteriorare.

Calculul riscului seismic în teritoriul or. Chișinău

Există diferite metode de interpretare și de calculare a riscului seismic [5]. În lucrarea prezentă riscul a fost calculat în două moduri: în termeni „grad mediu de deteriorare” și în termeni „pierderi directe pe unitate de suprafață a clădirilor”. În primul caz, în intervalul zonelor arealului de mediere, aplicând matricele de vulnerabilitate elaborate anterior, a fost identificat gradul mediu de deteriorare a obiectelor de la impactul seismic selectat:

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i n_i}{\sum n_i}, \quad (1)$$

unde d_i – gradul de afectare a clădirilor concrete; n_i – numărul de clădiri similare cu leziuni d_i .

Scara seismică MSK conține următoarele grade ale avarierilor clădirilor:

- 0 – absența oricăror deteriorări;
- 1 – deteriorări ușoare, fisuri fine în tencuială, desprinderea bucăților mici de tencuială;
- 2 – deteriorări moderate, mici fisuri în pereți, desprinderea bucăților destul de mari de tencuială,

căderea olanelor de pe acoperiș, crăpături în coșurile de fum, căderea pieselor de la coșurile de fum;

- 3 – deteriorări importante, fisuri mari, adânci și fisuri ce străbat pereții, căderea coșurilor de fum;
- 4 – distrugerii: prăbușirea pereților interiori și a pereților carcasă, spărturi în pereți, prăbușirea unor elemente ale clădirilor, distrugerea conexiunilor între diferite părți ale clădirilor;
- 5 – prăbușiri: distrugerea completă a clădirilor.

Drept cele mai potrivite sectoare pentru calcularea gradului mediu de afectare au fost selectate cartierele urbane. Principalul avantaj al acestei abordări constă în existența unei relații strânse cu specificul clădirilor. Harta de deteriorare medie a clădirilor este prezentată în figura 2. Gama de variație a gradului mediu de avariere este de 0,28 – 3,93. Cele mai mari deteriorări urmează să fie așteptate în centrul orașului și în unele sectoare unde predomină clădirile vechi, de tip A1 și A2, uzate fizic, fără rezistență seismică. Aici se preconizează în mare parte deteriorări de gradul 3 și 4. Pentru impactul seismic selectat (similar cu cutremurul din 1940), clădirile vor fi în mare parte distruse. În cartierele moderne, cu mai multe etaje, domină deteriorările de gradul 1 și 2.

Utilizând cea de-a doua metodă, riscul seismic poate fi exprimat ca o pierdere economică directă pe unitate de suprafață utilă a clădirilor. Această metodă este, de asemenea, utilizată pe scară largă. Astfel, riscul seismic poate fi reprezentat ca:

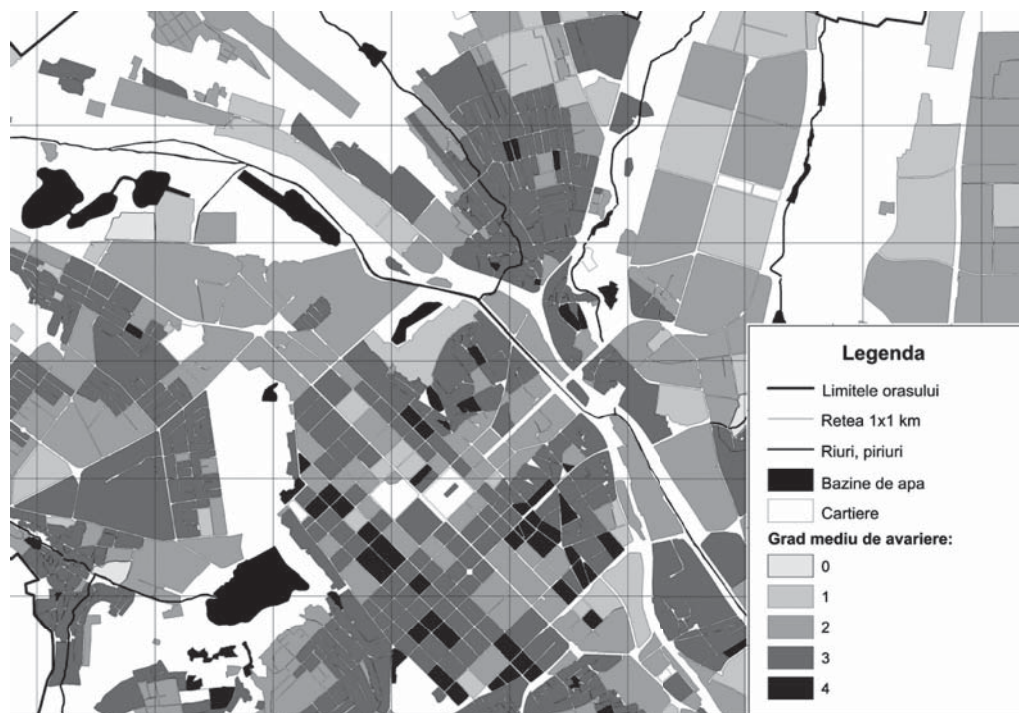


Figura 2. Distribuția probabilă a gradului mediu de deteriorare a construcțiilor în or. Chișinău la un viitor cutremur puternic, similar celui din 10 noiembrie 1940 (fragment)

$$R = \frac{\sum_k \left(f(d_k) \cdot \sum_i Q_k^i \right)}{\sum_k S_k} \quad (2)$$

unde $f(d_k)$ – funcția ce determină costul de refacere în cazul în care gradul de deteriorare a clădirilor este d_k ; Q_k^i – costul clădirilor similare cu deteriorări d_k ; S_k – suprafața utilă a clădirilor cu deteriorări d_k . La aplicarea acestei metode se ține cont nu numai de vulnerabilitatea clădirilor, ci și de valoarea (costul) lor. Astfel, din punct de vedere economic, această versiune a riscului este mai mult informativă. Determinarea valorii clădirilor, desigur, nu este o sarcină ușoară, dar pentru a evalua riscul seismic pot fi utilizate rapoarte simplificate relative ale costului clădirilor de diferite clase. Limitându-ne în calcul numai la daunele directe, se pot simplifica considerabil evaluările costului. În acest caz, riscul este determinat de costul restaurării clădirilor sub aspect seismic.

Un fragment al hărții de distribuție probabilă a daunelor directe pe o unitate de suprafață utilă a clădirilor din municipiul Chișinău, la un eventual cutremur puternic, similar celui din 10 noiembrie 1940, este prezentat în Fig. 3. Calculele au fost efectuate pentru fiecare cartier al orașului în lei, la cursul actual al prețurilor. Evaluările au demonstrat că daunele pentru diferite sectoare ar putea alcătui de la 15 până la 2 500 lei / m². Cele mai vulnerabile din punct de vedere economic sunt două sectoare: Centru și Poșta Veche. Aici zeci de cartiere au un nivel

maxim de daune 2 000-2 500 lei / m². Clădirile din aceste cartiere – clădiri de tip A1 și A2, vechi, uzate fizic, cu rezistență seismică redusă, în mare parte vor fi afectate serios, deoarece prejudiciul așteptat, în medie, corespunde costului clădirilor existente.

Harta distribuției riscului seismic în capitală este recomandată pentru utilizare de către factorii de decizie la efectuarea lucrărilor de diminuare a consecințelor grave, cauzate de cutremurele de pământ puternice. De asemenea, ea poate fi utilizată în lucrările de urbanism (planificare, dezvoltare etc.). Rezultatele obținute de asemenea pot fi utile businessului, proprietarilor de edificii, companiilor de asigurare.

Concluzii și recomandări

Se constată, că în teritoriul orașului Chișinău există sectoare cu o probabilitate înaltă de deteriorări serioase la viitoarele cutremure puternice. Conform statisticii pentru întregul oraș, valoarea totală a daunelor directe posibile constituie circa 15,5 miliarde lei.

Generalizând, este necesar să menționăm, că în ceea ce privește asigurarea securității teritoriului Republicii Moldova există încă o mulțime de probleme, cum ar fi:

- În Republica Moldova riscul seismic se prognozează, dar lucrări concrete, menite a-l diminua, nu se efectuează. Astfel, nu se practică careva lucrări de consolidare a obiectelor de risc seismic (clădiri, construcții, baraje, mijloace de comunicații ș. a.);

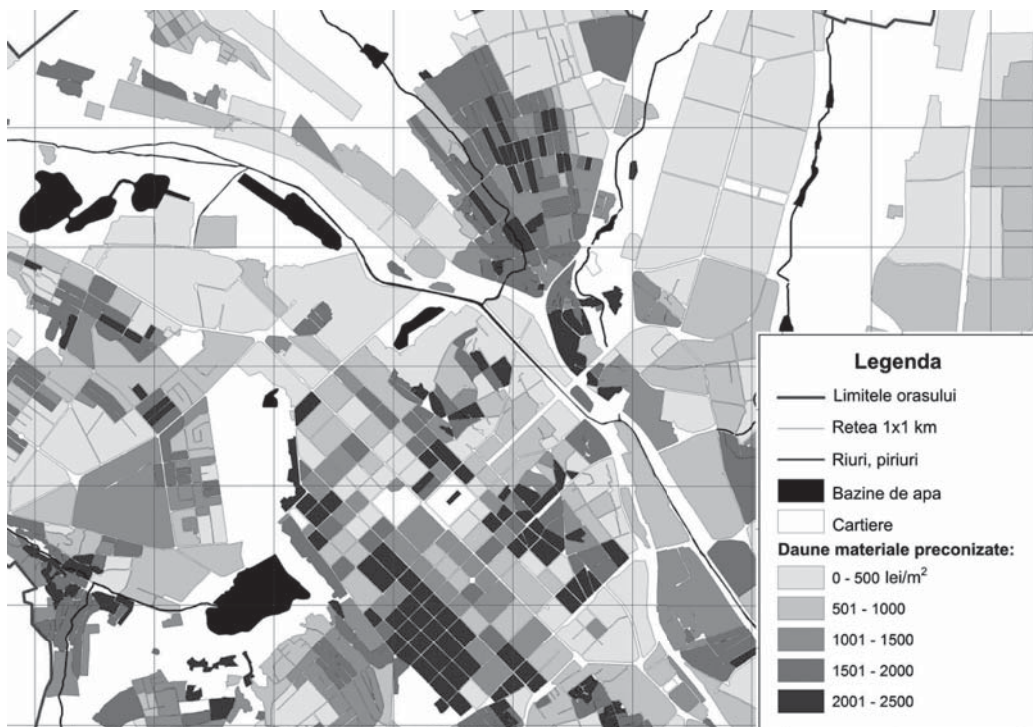


Figura 3. Distribuția probabilă a daunelor directe pe o unitate de suprafață utilă a clădirilor din or. Chișinău la un viitor cutremur puternic, similar celui din 10 noiembrie 1940 (fragment)

- populația și autoritățile locale conștientizează puțin pericolele și riscurile, condiționate de cutremurele de pământ;

- adoptarea de decizii, planificarea teritoriilor se face deseori fără a ține cont de pericolul și riscul seismic existent;

- lipsește abordarea complexă a diminuării consecințelor grave posibile ale pericolului seismic.

Pentru a face față provocărilor condiționate de cutremurele de pământ este necesară elaborarea și aplicarea unui spectru larg de mijloace științifice, politice, administrative.

Printre măsurile mai urgente, menționăm:

1. Dezvoltarea metodelor de monitorizare, avertizare și cuantificare a pericolului și riscului seismic;

2. Perfecționarea cadrului regulatoriu ce asigură proiectarea și construcția seismorezistentă, armonizarea lui cu standardele europene;

3. Expertiza fondului construit existent, în scopul determinării gradului real de seismorezistență a acestuia, având ca obiective prioritare clădirile cu aglomerare masivă, școli, grădinițe, spitale, clădiri de importanță vitală pentru oraș, cu un grad înalt de uzură fizică;

4. Elaborarea hărților de microzonare seismică pentru teritoriile municipiilor și orașelor mai populate și importante din punct de vedere economic;

5. Formarea mecanismelor economice ce ar asigura reducerea riscului seismic și sporirea securității seismice a populației (în ce privește calamitățile naturale ș.a.)

6. Perfecționarea sistemului de pregătire și instruire continuă a cadrelor ce asigură securitatea seismică a infrastructurii și populației.

Realizarea măsurilor nominalizate ar anticipa pe viitor niște situații grave condiționate de cutremurele de pământ, ar permite soluționarea optimă a problemelor securității populației, valorificării și dezvoltării durabile a teritoriului Republicii Moldova.

Bibliografie

1. Papadopoulos G.A. & Arvanitides, A. Earthquake Risk Assessment in Greece, in Schenk (ed.), Earthquake Hazard and Risk, Ser. „Advances in Nat. and Technol. Hazards Research“, v.6, The Netherlands, Editorial Office Kluwer Acad. Publ., 1996, pp. 221-229.

2. Alkaz V. Seismic hazard for Republic of Moldova. Buletinul Institutului de Geofizică și Geologie AȘM, Nr. 1, Chisinau, Ed. Elena, 2005, pp. 5-10.

3. Бержинская Л.П. Надежность региональных типов зданий при сейсмических воздействиях (на примере Прибайкалья). Автореферат диссертации на соискание уч. степени кандидата технических наук. Улан-Уде, 2006, 22 стр.

4. Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска. Под ред. Г.Ф. Соболева, М., 1997.

5. Шахрамьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения. М., 2000, ВНИИ ГОЧС, 190 с.



Gherasim zugrav. *Maica Domnului Hodighitria*. 1808