

CZU 551.4

Ciobotaru V., Francovschi I. *, Neaga V.

Formațiunile argiloase ale Republicii Moldova sub aspectul perspectivei gazelor de șist

Abstract

The current study presents, for the first time, a compilation of geological information regarding the Vendian (Ediacaran) shales from the central and southern part of the Republic of Moldova, which could have shales-gas potential in economically viable quantities. The gray to black shales from the Kalius Member are characterized by paleontological (palynological) features such as the presence of several bituminous organic remnants which serves as a premise for the thorough investigation of the shale-gas potential of these strata. Also, the recent geochemical results obtained from the outcrops located near the Naslavcea village, show values of the Total Organic Carbon that support the concept of shale-gas potential.

Keywords: hydrocarbon, mudstone, Vendian, Kalius, Total Organic Carbon.

Rezumat

Studiul propus prezintă una dintre primele lucrări de sinteză geologică privind formațiunile de șisturi argiloase de vârstă vendiană (ediacariană) din regiunea centrală și sudică a Republicii Moldova, în care ar putea fi găsite resurse de gaze de șist în cantități industriale. În calitate de premiză paleontologică (palinologică) pentru prospectarea resurselor neconvenționale de hidrocarburilor în stratele de Kalius se prezintă numeroasele reminiscențe organice găsite în argilitele șistoase care se disting prin aspectul său bituminos. În același timp, rezultatele analizelor chimice efectuate recent în vederea determinării concentrației Carbonului Organic Total în argilitele colectate în aflorimentele din preajma localității Naslavcea, mărturisesc în favoarea conceptului gazelor de șist.

Cuvinte cheie: hidrocarburi, argilite, Vendian, Kalius, Carbon Organic Total.

Резюме

В статье впервые представлены обобщенные геологические данные касательно глинистых сланцев вендского возраста (эдиакария) распространенных в центральной и южной части Республики Молдова, в которых могут быть обнаружены промышленные запасы сланцевого газа. В качестве палеонтологической (палинологической) предпосылки для поисков нетрадиционных углеводородов фигурируют многочисленные органические остатки, обнаруженных в сланцеподобных аргилитов, отличающиеся своим битуминозным видом. Так же, результаты недавних химических анализов выполненных с целью определения общего содержания органического углерода в аргилитах, отобранных в обнажениях окрестности Наславчи, свидетельствуют в пользу концепции сланцевого газа.

Ключевые слова: углеводороды, аргилит, Венд, Калиус, общее содержание органического углерода.

* Universitatea din București, Facultatea de Geologie și Geofizică, bd. Bălcescu Nicolae 1, 010041, București, România

Introducere

În absența unor surse energetice diversificate (nucleare, cărbune, hidro, eoliene), în lipsa investițiilor pentru descoperirea zăcămintelor de hidrocarburi și punerea lor în exploatare, Republica Moldova la un grad absolut este dependentă de importuri de energie din alte țări. Un aport semnificativ în rezolvarea acestei probleme acute poate fi adus de gazele de șist aflate în subsolul republicii. În același timp, potențialul presupus de gaze de șist ale Republicii Moldova trebuie confirmat de lucrări din teren prin forarea sondelor de explorare. Referindu-ne la gazul natural pus la dispoziția consumatorilor, prețurile de import ar putea fi mult mai mari decât cele pentru gazul de șist autohton, valorificat în cazul unor rezultate pozitive.

Dacă se va ajunge în faza de exploatare a gazelor de șist și dacă va avea loc o abordare responsabilă a problemei în cauză, Republica Moldova va avea venituri din aceasta activitate, vor fi create locuri de muncă etc.

Scopul prezentei lucrări constă în delimitarea pe teritoriul Republicii Moldova a sectoarelor de subsol, perspective din punct de vedere al acumulărilor în cantități semnificative ale gazelor de șist, în cadrul cărora s-ar putea realiza lucrări de explorare-exploatare ale acestora.

La începutul secolului XXI în SUA și Canada exploatarea gazelor de șist a demonstrat o creștere rapidă a producției de hidrocarburi, care poate avea un impact semnificativ asupra prețurilor gazelor carburante și securității economice a statelor care dispun de astfel de resurse.

Tehnologiile contemporane aplicate pentru extragerea gazelor de șist și eficiențele economice ale acestei ramuri a industriei petroliere din America de Nord a permis exportarea acestui concept nou al exploatării hidrocarburilor și în Europa. Astfel a fost posibil, de exemplu, ca în stratele ordovician-siluriene ale paleozoicului inferior din partea de vest a Platformei Est-Europene pe teritoriul Poloniei, să fie identificate resurse de gaze de șist. Zone de perspectivă există în Ucraina. Un interes pentru exploatarea gazelor de șist îl prezintă și formațiunile sedimentare din Depresiunea Bârladului (România), care împreună cu Depresiunea Predobrogeană din cadrul Republicii Moldova prezintă două componente ale unei și aceeași structuri de avengură regională. La sudul republicii nu numai în stratele vendianului (ediacaranului), dar și ale silurianului inferior – devonianului inferior la fel ar putea fi găsite resurse de gaze de șist în cantități semnificative.

În ultimii ani, în țările europene problema unor eventuale exploatări a gazelor de șist a devenit mult mai actuală. În același timp, conceptul gazelor de șist pentru acestea prezintă un domeniu absolut nou și, evident, problema necesită un studiu foarte minuțios și multilateral – geologic, tehnologic și economic. La moment, un răspuns univoc în ceea ce privește resursele gazelor de șist în Republica Moldova din cauze obiective nu există, dintre care principala rezultă din cercetările nerealizate în acest scop. În anii când s-au efectuat foraje de mare adâncime, care în diferite puncte ale Interfluviului Nistru-Prut au traversat strate de perspectivă în ceea ce privește acumulări de gaze naturale și țitei, prospectarea gazelor de șist nu era pusă în vigoare.

Când vorbim despre problema gazelor de șist în Republica Moldova, vorbim despre o fază foarte incipientă. În același timp, argumentele care sunt puse astăzi în evidență – securitatea energetică și independența economică, mărturisesc în favoarea desfășurării în țara noastră a unor cercetări geologice serioase în vederea localizării nu

numai a zăcămintelor de petrol și gaz natural, dar și a gazelor de șist. Urmând exemplul unor state, care în momentul de față sunt mai avansate decât Republica Moldova, și care au deja o experiență în acest domeniu, o evaluare calitativă a resursei și cantitativă a rezervelor de gaze de șist în anumite zone teritoriale poate fi realizată numai în baza lucrărilor de explorare destul de costisitoare.

Dacă condițiile de piață permit calificarea rezervelor de gaze de șist ca fiind comerciale, bazându-se pe tehnologiile contemporane de forare adâncă, inițierea unui program de explorare și exploatare experimentală al acestui tip de hidrocarburi în limitele teritoriilor de perspectivă în sudul Republicii Moldova nu este lipsită de sens.

Materiale și metode

Lucrarea este elaborată în baza datelor cartărilor geologice și a prospecțiunilor efectuate în scopul depistării în regiunile sudice ale Interfluviului Nistru-Prut în anii 1950-1970 a zăcămintelor de țiței și gaz natural. Astfel, studiul propus practic în întregime rezultă din analiza documentelor geologice stocate în fondurile instituțiilor geologice din republică. La fel, au fost utilizate și informații, culese din diverse publicații din țară și de peste hotare. Pentru examinare au fost utilizate mostre din formațiunile șistoase vendiane (ediacarane), colectate în aflorimentele din nordul republicii în localitatea Naslavcea și extrase din sondele de cartare din regiunea centrală a r. Nistru.

Probele de șisturi argiloase au fost analizate cu ajutorul dispozitivului Rock-Eval 6 cu scopul de a determina principalii parametri geochemici: S1, S2, S3, T_{max} (Temperatura maximă), COT% (Carbon Organic Total), MINC% (Carbon Mineral), IH (Indexul de Hidrogen), IO (Indexul de Oxigen) și IP (Indexul de Productivitate). Acești parametri furnizează informații privind potențialul petrolifer și gazifer, gradul de maturitate termică, tipul și conținutul în materie organică, și în final permit evaluarea potențialului de generare. Analizele au fost efectuate la Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnice (ICPT) din Câmpina, România. [1, 2].

Pentru un studiu mai aprofundat a formațiunilor geologice din cadrul teritoriului Republicii Moldova au fost examinate și informații privind geologia regiunilor limitrofe ale României și Ucrainei, găsite în arhivele geologice și diferite publicații de specialitate.

Rezultate și discuții

Teritoriul Republicii Moldova include un fragment din sud-vestul pericratonului Platformei Est-Europene (așa numită Placa Moldovenească) și formațiunile sedimentare ale Depresiunii Predobrogene, care are o extindere spre nord-vest pe teritoriul României. Din partea de nord Placa Moldovenească este limitată de Scutul Cristalinelor Ucraineane, spre sud-vest se află Depresiunea Carpaților Orientali, iar la sud-est Depresiunea Predobrogeană este mărginită de Orogenul Nord-Dobrogean [3].

În regiunea de sud a Interfluviului Nistru-Prut în procesul prospectării zăcămintelor de hidrocarburi, au fost forate un număr impunător de sonde, care urmau scopul determinării structurilor geologice, compoziției litologice ale formațiunilor sedimentare aflate la adâncimi mari. Forarea sondelor adânci a fost realizată în general în cadrul Depresiunii Predobrogeane. Astfel, pe teritoriul Republicii Moldova (și Ucrainei – sudul Basarabiei) au fost forate 69 sonde, dintre care 45 – până la adâncimi ce nu depășesc 3 km, iar 24 – până la adâncimi între 3 km și 5 km.

Mai detaliat au fost cercetate stratele de vârstă jurasică, traversate de foraje în flancurile de est și nord ale Depresiunii Predobrogene, care erau considerate perspective din punct de vedere al depistării unor eventuale acumulări de petrol și gaz natural. Formațiunile sedimentare permiano-triasice, silurian-devoniene și vendiane (ediacariene) prin foraje au fost traversate la adâncimi de circa 2-3 km mai mult în flancul nordic al depresiunii. Anume sudul Basarabiei, care include nucleul așa numitului Bazin gazopetrolifer Pontic de Nord [4], prezintă un interes din punct de vedere al prospectării zăcămintelor de hidrocarburi de diferită origine, inclusiv și a gazelor de șist. Astfel, informația succintă asupra specificului geologic ce urmează, se referă la această regiune.

a. Aspecte stratigrafice.

La baza cuverturii sedimentare a teritoriului se află stratele de vârstă *Proterozoicului târziu* constituite din conglomerate, microconglomerate, arcoze și intercalații subțiri de argilite și silturi (grosimea 30-100 m) – Căușeni, Mirnoe (aici și mai departe se înțelege sonda sau punctul de cercetare geologică, situat în apropierea localității respective). Aceste varietăți litologice sunt acoperite transgresiv de gresii asemănătoare cu cuarțitele, argilite, interstratificații de gresii cenușiu închise și pestrițe, silturi și argilite. Grosimea complexului este de circa 700 m (Sărata, Mirnoe, Ferapontievca, Orehovo, Suvorovo) [5].

În această stivă terigenă se disting argilitele de *Kalius* (sau șisturile argiloase de *Kalius*) cu un aspect șistos de o culoare cenușie-închisă, deseori neagră cu nuanțe slabe albastrii. Culoarea este impusă de materialul bituminos, care este găsit în compoziția argilitelor. În extrema de nord a republicii, localitatea Naslavcea, în argilitele de *Kalius* sunt observate intercalații subțiri de șisturi carburante [6]. În argilitele de *Kalius* au fost identificate numeroase reminiscențe organice: filomene, sferomorfite, fibre de leotrichoide, pelicule de tipul *J*, fragmente ale microfitefosilelor. E de menționat, că rocile acestei subdiviziuni stratigrafice pot fi cercetate prin metode directe în aflorimentele bazinului r. Nistru la nordul republicii (s. Naslavcea).

Eratema paleozoică.

Stratele *Cambriene* acoperă transgresiv formațiunile vendianului și sunt constituite din gresii roșietice, silturi și argile cenușiu-albastrii ce conțin *Sabilidites cambriensis*. Grosimea perioadei cambriene nu este constantă și crește de la est 100-300 m (Valea-Perjei și Sărata P-6) spre vest (450-640 m pe teritoriul României).

Stratele *Ordovicianului* sunt așternute pe suprafața erodată a rocilor mai timpurii și au fost traversate de foraje numai în partea de nord a Depresiunii Predobrogene și în limitele Plăcii Moldovenești. În componența sistemului intră argilite șistoase de culoare închisă, substituite în nivelele superioare de gresii cuarțoase (Iargara); grosimea sumară a ordovicianului este mică și constituie 3-4,5 m.

Formațiunile sedimentare de vârstă *Siluriană* au grosimi diferite ce variază între 0 m și maximum 1230 m (Rădăuți, România). Ele sunt prezentate de calcare, gresii argiloase, gresii calcaroase, gresii aparent cuarțoase și șisturi argiloase. În Depresiunea Predobrogeană între stratificații sunt întâlnite argile bituminoase cu graptolite [7], iar în partea de est forajele au traversat gresii polimictice, care în nivelele superioare sunt substituite de calcare compacte cu reminiscențe de brahiopode. Pe aceste varietăți litologice sunt așezate dolomite, calcare dolomitizate, marne și anhidrite (Sărata P-1 și P-6, Căușeni). În apropierea Depresiunii Predobrogene, spre nord, varietățile calcaroase sunt substituite de o stivă relativ omogenă din punct de vedere litologic, formată din

argilite de culoare neagră cu rare incluziuni sub formă de stratificații subțiri marnoase și argilite calcaroase. Pe teritoriul Republicii Moldova grosimea maximă a formațiunii siluriene după denudare este de circa 560 m.

Aria de răspândire a rocilor sedimentare *Devoniene* este destul de mare. Stratele acestui sistem acoperă concordant formațiunile siluriene sau transgresiv sunt așternute pe suprafața erodată a rocilor mai timpurii. Devonianul inferior este constituit din varietăți litologice argilit-calcaroase și argilit-siltice, aflorează în malul sudic al insulei Șerpilor [8] și în limita de sud-vest a Interfluviului Nistru-Prut are o grosime sumară de circa 1500 m. Formațiunile devonianului au fost traversate de foraje în apropierea localităților Sărata (sondele 333, P-6) și Tuzla (sonda P-2). Devonianul mediu a fost traversat de foraje în regiunile de vest pe teritoriul României (Târgu-Neamț, Bodești, Bacău, Roman, Crasna). El este constituit din gresii roșietice și cenușii de o grosime de circa 200 m. În partea de est această unitate stratigrafică de o grosime de circa 730-820 m este prezentată de calcare cenușii, dolomite și anhidrite cu fărâme de cochilii și un asortiment bogat de foraminifere (Bauruci P-31, Aluat P-101 și Sărata P-6).

Devonianul superior (grosimea 160-360 m) este constituit din argilite care mai sus în secțiune sunt substituite de calcare fisurate de o culoare brun-cenușie (Bauruci, Aluat, Sărata și Tuzla).

Carboniferul inferior este format din strate de calcare masive compacte între care sunt prezente intercalații de dolomite. În sonda din Aluat ele au o grosime de 130-140 m. În direcție vestică (spre Sărata și Tuzla) grosimea stratului calcaros crește până la circa 1600 m. În regiunea de sud-est a Depresiunii Predobrogene în delta Dunării (forajul 11 Rosetti) sub formațiunile permo-triasice a fost traversată o stivă calcaroasă de culoare cenușie de o vârstă sporadică presupusă carboniferul timpuriu [9].

Strate de vârstă *Permiană*, determinate în baza datelor paleontologice, sunt cunoscute în zona centrală a Depresiunii Predobrogene (Baimaclia) și alcătuite din stratificații alternante de calcare pelitomorfe, anhidrite albastru-cenușii și roze, gresii grosiere roșu-albastre și argilite; Permianul are o grosime de 1400-1700 m.

Permian-triasicul nediferențiat de o grosime considerabilă de circa 2900 m este format dintr-o diversitate pestriță din punct de vedere litologic în care se disting conglomerate, gresii nesortate, silturi, argilite și roci vulcanogen-sedimentare.

Eratemele mezozoică și cainozoică au o răspândire largă pe întregul teritoriu al Republicii Moldova. Deoarece gazele de șist în regiunea menționată pot fi găsite doar în stratificațiile de vârstă paleozoică-proterozoică, în acest studiu descrierea stratigrafică a formațiunilor triasice, jurasice, cretacice, paleogene și neogene nu este prezentată. Pentru informații amănunțite pot fi utilizate numeroase publicații elaborate de geologii moldoveni, români și ucraineni.

b. Specificul tectonic

Teritoriul din partea de sud a Interfluviului Nistru-Prut este amplasat în zona cea mai afundată a pericratonului de sud-vest a Platformei Est-Europene, care în limita de sud este acoperită de formațiunile premontane ale Dobrogei, constituite în etapele de orogeneză hercynico-kimmeriană [10].

Depresiunea Predobrogeană, descoperită în procesul cartărilor geologice și prospecțiunilor geofizice, se află în partea de nord a Orogenului Dobrogean și din cauza modificărilor tectonice care au survenit în mai multe etape, are o structură destul de

complicată. E de menționat, că formațiunile din nivelele superioare ale cuverturii de vârstă cretacică, paleogenă și neogenă nu reflectă trăsăturile specifice ale acestei structuri regionale.

În secțiune transversală Depresiunea Predobrogeană are o formă asimetrică [3]. Flancul nordic prezintă o porțiune din zona pericratică și are o afundare lentă orientată aproape submeridional în direcție sudică, iar flancul opus este abrupt și se află în contact nemijlocit cu Orogenul Dobrogean.

În limitele Depresiunii Predobrogene se disting trei afundări locale sub formă de graben: afundarea Bârladului (pe teritoriul României) și afundările de vest și est în zona Interfluviului Nistru-Prut. Conform datelor geofizice, suprafața fundamentului cristalin în cadrul acestor structuri subordonate se află la adâncimi ce depășesc 5000 m. Depresiunile locale sunt acoperite de sedimente caracteristice zonelor de molasă și de varietăți litologice, care formează complexul de roci vulcanogen-sedimentare de vârstă permian-triassică. Una de alta aceste structuri sunt divizate de două ridicături ale fundamentului numite Blocul Cahului și Blocul Orehovo-Suvorovo, în cadrul cărora suprafața fundamentului cristalin a fost traversată la adâncimi de 400-500 m (Blocul Cahului) și 2800-3200 m (Blocul Orehovo-Suvorovo). Structura flancului sudic este modificată de o proeminență a fundamentului cristalin arhaic (Ridicătura Chiliei).

Depresiunea Predobrogeană, constituită în ciclul tectonic hercynic la periferia Platformei Est-Europene este completată de un pachet de strate terigene și calcaroase de o grosime sumară considerabilă. Originea depresiunii se corelează cu procesele tectonice care au evoluat la etapa orogenă a geosinclinalului hercynic al Dobrogei de nord. Astfel, limita de sud-vest a depresiunii coincide cu structurile afundate ale Orogenului Dobrogean acoperite de formațiuni sedimentare mai tinere. În regiunile estice depresiunea are o prelungire în zona nord-vestică a bazinului Mării Negre [11].

Limita de nord a Depresiunii Predobrogene este trasată pe linia Gotești – Ciadâr-Lunga – Arțâz, care coincide cu o serie de falii orientate în direcție subparalelă.

În partea de nord în cadrul Depresiunii Predobrogene se află o structură negativă – Afundarea Kimmeriană, formată din depuneri terigene și calcaroase de vârstă jurasică. Originea acestei depresiuni suprapuse este legată de stadiile finale de constituire a miogeosinclinalului kimmerian al Dobrogei de Nord. Axa depresiunii are o orientare nord-vestică, iar în afundarea Bârladului pe teritoriul României își schimbă direcția spre vest. Afundarea Kimmeriană în secțiune transversală la fel este asimetrică; flancul de nord are o înclinare lentă, iar cel sudic este mai abrupt și modificat de numeroase dislocații disjunctive și plicative. Axa depresiunii și limita de nord a depunerilor de vârsta jurasicului mediu, în raport cu axa depresiunii hercynice, este deplasată spre nord-vest. Limita inferioară a jurasicului a fost traversată de foraje la adâncimi de 2500-3000 m.

În baza datelor forajelor și prospecțiunilor seismometrice (metoda corelării undelor refractate) efectuate în limitele flancului de nord al Depresiunii Predobrogene, s-a constatat că suprafața cristalinului se afundă monoclinal spre sud-vest până la adâncimi de 2500-3000 m. Aici fundamentul este modificat de câteva ridicări locale (Ferapontievca, Tarutin, Sărata). Spre sud de linia Gotești – Ciadâr-Lunga – Arțâz, de-a lungul unei serii de falii, care mai spre vest în apropierea or. Adjude se contopesc cu Falia Precarpatică, fundamentul se afundă sub formă de trepte până la adâncimi de 4500 – 5000 m [3]. Această regiune a fundamentului, aflată la adâncimi considerabile, este modificată de un sistem de blocuri dispuse în spațiul subsolului la diferite nivele hipsometrice. Astfel, prin foraje a fost depistat Blocul Orehovo-Suvorov de o extindere submeridională,

care divizează două grabene aflate la baza Depresiunii Predobrogene. Aici suprafața fundamentului cristalin se află la adâncimi de circa 2800 – 3200 m. În zona Gârlei Chilei a Dunării se află o altă ridicătură locală a fundamentului arhaic (Ridicătura Chilei), care de fapt, reprezintă un segment de vest a Valului Pontic. Spre sud, prin metode geofizice a fost localizată Ridicătura insulei Șerpilor [12].

Un rol important în structura geologică a regiunii îl joacă faliile de orientare atât submeridională cât și subparalelă. De exemplu, zona tectonică submeridională Arțâz-Frunză, constituită dintr-o serie de falii, delimitează partea de est a Afundării Kimmeriene de zona de vest a Depresiunii Nistrului de Jos vârstă căreia este cretacic-paleogenă. În cadrul acestei depresiuni tinere suprapuse, prin metoda corelării undelor seismice refractate în suprafața de limită a formațiunilor paleozoice a fost determinată o treaptă cu o amplitudine de circa 2000 m. În partea de vest se evidențiază Falia Prutului, constituită probabil în mezozoic, care divizează afundările Bârladului și a Moldovei – componente structurale ale Depresiunii Predobrogene, iar în partea de sud divizează zona adâncă a Dobrogei de Nord (pe teritoriul României) – de ridicătura Cahului (care figurează și sub denumirea de Ridicătura Prutului de Jos) [4].

În cuvertura constituită din formațiuni sedimentare se disting mai multe etaje structurale: etajul proterozoicului superior, paleozoicului inferior, paleozoicului superior, permian-triasicului, jurasicului, cretacic-paleogenului și neogenului.

c. Premizele prospecțiunilor gazelor de șist.

Eficiența lucrărilor de prospecțiune rezultă din cunoașterea structurii geologice și a premizelor geologice, care au condiționat formarea și conservarea acumulărilor de gaze de șist în formațiunile sedimentare de vârstă vendiană (ediacariană) și paleozoică timpurie ale Interfluviului Nistru-Prut. Astfel, în calitate de premiză stratigrafică se prezintă unitățile proterozoicului superior și paleozoicului inferior – vendianul (șisturile argiloase ale stratelor de *Kalius*), etajul tiverian al silurianului superior (argile bituminoase cu graptolite) și devonianului inferior constituite din varietăți litologice argilito-siltice.

În procesul prospecțiunilor zăcămintelor de hidrocarburi, efectuate în secolul trecut în raioanele sudice ale Republicii Moldova, în formațiunile silurianului superior și devonianului au fost depistate manifestări de gaze și petrol [3, 4]. Nu este exclus că între formațiunile argiloase de vârstă respectivă ar putea fi prezente și acumulări de gaze de șist.

Un potențial semnificativ în vederea acumulărilor gazelor de șist îl posedă argilitele de *Kalius* ale vendianului moldav. În calitate de premiză paleontologică (palinologică) pentru prospectarea hidrocarburilor netradiționale în această formațiune se prezintă numeroasele reminiscențe organice (filomene, sferomorfite, fibre de leotrichoide, fragmente ale microfitefosilelor, etc.) care impun rocilor de culoare gri întunecată, aproape neagră un aspect aparent bituminos,

Prezența substanțelor organice în formațiunile sedimentare din regiunea centrală a bazinului râului Nistru (extrema de nord a Republicii Moldova) a fost remarcată încă în perioada interbelică de geologul român Th. Văscăuțanu [6]:

“La Naslavcea observăm un strat cu grosimea de aproximativ 42 – 45 m, alcătuit din șisturi argiloase de culoare gri închis, brună sau cafeniu pronunțată, șistoase și așezate în strate subțiri ca filele de carte. Pe toată grosimea lor se întâlnesc concrețiuni sferice de fosforite, concrețiuni mamelonate de tipul cone-in-cone. Aceste concrețiuni

variază ca mărime de la 1 cm până la 25-30 cm în diametru. În unele zone ele sunt impregnate cu o substanță brună bituminoasă, la flacăra lumânării această substanță se aprinde, răspândind un miros de petrol ars”.

Rezultatele analizelor chimice efectuate recent în vederea determinării concentrației Carbonului Organic Total (COT %) în argilitule colectate în aflorimentele din preajma localității Naslavcea, mărturisesc în favoarea conceptului gazelor de șist. Analizând 23 probe din strățele *Kaliu* s-a constatat că pentru 10 probe valoarea COT constituie 0,5-1,1 %, iar gradul de maturitate al rocilor – mature (M_{AX} între 435-440 °C). Varietățile litologice pentru a fi roci sursa generatoare de hidrocarburi, trebuie să aibă cel puțin 0,5% COT. Astfel, șisturile argiloase din Naslavcea pot fi considerate roci sursă de hidrocarburi (cu un potențial de generare mediu). La adâncimi mari unde în etapele de catogenează, diageneză, metageneză argilitule de *Kaliu* au suferit inevitabile modificări în anumite condiții îndeplinite ulterior (temperatură – timp), moleculele organice, evident, s-au transformat/maturizat în hidrocarburi [1, 2].

Strățele de *Kaliu* în deschidere naturală au fost cercetate destul de minuțios în aflorimentele din localitatea Naslavcea din nordul Republicii Moldova. Specifice pentru aceste varietăți argiloase sunt concrețiunile de fosforite și incluziunile carbonatice de tip „cone-in-cone”, ambele fiind de origine diagenetică. În carotele ridicate din sondele forate pe teritoriul Plăcii Moldovenești și a Depresiunii Predobrogene, atribuite după vârstă și componența litologică rifean-vendianului, nu se deosebesc radical de șisturile argiloase care aflorează la nordul republicii. Ele își păstrează textura șistoasă, se află la adâncimi de circa 2000 m și au grosimi care pe alocuri depășesc 200 m. Vom remarca doar că, în regiunile sudice ale Republicii Moldova argilitule de *Kaliu* prezentate de roci pelitice consolidate, sunt lipsite de concrețiunile fosforitice. Probabil aceasta este unica deosebire dintre aceste varietăți argiloase similare, răspândite practic pe întreaga arie a Republicii Moldova.

În limitele Plăcii Moldovenești, formațiunea șistoasă argiloasă fiind acoperită de strate cainozoice, mezozoice și paleozoice suferă o afundare lentă în direcție aproape submeridională. Astfel în apropierea orașului Bălți limita inferioară se află la adâncimi ce depășesc cu puțin limita de 500 m, Valea Mare (Ungheni) – 1100 m, Chișinău – 1100 m, Căușeni – 1300 m, Iargara – 2000 m. În aceeași direcție strățele *Kaliu* își măresc și grosimile de la circa 50 m (Bălți) la 250 m (Iargara, Ferapontievca).

După cum rezultă, adâncimile la care se află șisturile argiloase spre sud de Căușeni, permit realizarea procesului de maturizare a hidrocarburilor.

Spre regret, din volumul enorm al carotelor extrase din sondele forate pe parcursul a câtorva decenii în sudul republicii, în prezent s-a păstrat un număr foarte redus, dintre care este problematic de a identifica varietățile litologice, inclusiv argilitule de *Kaliu* aflate la adâncimi de 1500-1600 m.

d. Ariile de perspectivă

În limitele teritoriului Republicii Moldova formațiunile șistoase de diferite vârste au o răspândire destul de largă. Dintre acestea, formațiunile de vârstă vendiană (strățele constituite din argilitule de *Kaliu*) prezintă un interes deosebit ca rocă sursă a gazelor de șist.

Analizând datele geologice existente, se constată că zonele de perspectivă pentru realizarea lucrărilor de explorare a gazelor de șist, și în cazul unor rezultate pozitive – de

exploatare a acestui tip de hidrocarburi, pot fi localizate în cadrul Depresiunii Predobrogene.

În același timp, ținând cont de adâncimile mari în partea centrală și de sud-vest a acestei structuri, teritoriul cel mai potrivit pentru un început de cercetări geologice prin forarea sondelor adânci, poate fi considerat flancul de nord vest a depresiunii, acolo unde strățele constituite din șisturi argiloase au grosimi ce depășesc 200 m și se află la adâncimi de circa 2000 m.

Concluzii și recomandări

Examinând premisele stratigrafice, litologice, geologico-structurale, palinologice și geochimice ale prospecțiunilor gazelor de șist din cadrul Interfluviului Nistru-Prut se constată că în regiunea sudică a Republicii Moldova:

- 1) sunt prezente formațiuni argiloase de vârstă vendiană (ediacariană), siluriană timpurie și devoniană timpurie în care sunt remarcate manifestări de substanță organică și hidrocarburi;
- 2) un potențial semnificativ referitor resurselor neconvenționale de hidrocarburi îl posedă șisturile argiloase de *Kaliu*;
- 3) adâncimile ce depășesc 1-2 km la care în etapele de catageneza, diageneza și metageneza moleculele organice din argilitule de *Kaliu* s-au transformat/maturizat în hidrocarburi, se află în extrema de sud a Platformei Moldovenești și în Depresiunea Predobrogeană;
- 4) Carbonul Organic Total (COT %) determinat în șisturile argiloase de *Kaliu* variază între 0,5 % și 1,1 %;
- 5) din cauza unui număr limitat de analize chimice, în care s-au determinat concentrațiile Carbonului Organic Total, evaluarea rezervelor de gaze de șist din rocile generatoare la moment nu poate fi realizată;
- 6) extrapolând concentrațiile Carbonului Organic Total în șisturile argiloase vendiane (ediacariene) din nordul Republicii Moldova spre sud și ținând cont de specificul litologico-structural al formațiunilor de vârstă respectivă, teritoriile de perspectivă pentru o eventuală exploatare a gazelor de șist poate fi stabilită între limitele convenționale, trasate prin localitățile Ungheni-Căușeni și Tigheci-Valea Perjei.
- 7) lucrările de prospectare-explorare a gazelor de șist în strățele de *Kaliu* se recomandă a fi începute în flancul de nord a Depresiunii Predobrogene.

În final, e de menționat că în Republica Moldova există un vid legislativ, în ceea ce privește explorarea și exploatarea resurselor convenționale de hidrocarburi, cât și a celor neconvenționale. Este absentă pe de o parte legislația primară, care este delimitată de legea petrolului, la moment inexistentă în Republica Moldova, și care trebuie să ofere cadrul general. La fel, nu există și legislație secundară – norme de aplicare, ordine ale Ministerului Mediului și Agenției pentru Geologie și Resurse Minerale (AGRM) sau regulamente tehnice, care vin în întâmpinarea particularităților zăcămintelor neconvenționale constituite din acumulările gazelor de șist.

Evident, în cazul elaborării și punerii în vigoare a unei astfel de legislații, aceasta ar trebui armonizată cu legislația UE, iar toate directivele expuse în legislația națională să fie aplicate pentru protecția mediului.

Bibliografie

1. Francovschi I., Roban R., Grădinaru E., Ciobotaru V. Rezultate preliminare privind potențialul de hidrocarburi al formațiunilor Neoproterozoicului de pe teritoriul Republicii Moldova. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N1, pp. 112-118, 2014.
2. Francovschi I., Grădinaru E., Roban R., Ciobotaru V. Source rocks in the Edicaran deposits from southwestern part of East European Platform, AAPG European Regional Conference & Exhibition. Abstract book, pp. 133-134 Bucharest, Romania, 2016.
3. Геология СССР. Том 45, Молдавская ССР. Москва, 1969.
4. Богаец А., Стрелцова Т.. Северо-Причерноморский нефтегазоносный бассейн. //Нефтегазоносные бассейны социалистических стран Европы и Республики Куба (Глава 8). Изд. Секретариата СЭВ, Москва, 1981.
5. Самсонов А.И., Коморный А.Ф. Основные черты геологического строения Предобруджинского палеозойского прогиба в связи с нефтегазоносностью. – В сб.: региональная тектоника Украины и закономерности размещения полезных ископаемых. Тезисы докладов I-го республиканского тектонического совещания. Киев, 1971.
6. Văscăuțanu Th. Formațiunile siluriene din malul românesc al Nistrului. Anuarul Inst. Geologic al României, București, pp. 425-576, 1931.
7. Paraschiv D., Muțiu R. Asupra silurianului din nordul Moldovei. – “Petrol și gaze”, Nr. 3, București, 1974.
8. Ткаченко Г.Г., Пазюк Л.И., Самсонов А.И. Геология острова Змеинного (Черное море). – В сб. «Геол. побережья Черного и Азовского морей в пределах УССР», вып. 3. Киев, 1969.
9. Mutihac V., Ionesi L. Geologia României. București, 1974.
10. Романов Л.Ф., Славин В.И. Тектоническое положение и происхождение юрского Предобруджинского прогиба. – «Вестн. МГУ. Сер. Геол.», No5, 1974.
11. Попович В.С. Глубинное строение северного Причерноморья по данным гравиметрических исследований.//Региональная тектоника Украины и закономерности размещения полезных ископаемых. Тезисы докладов I-го республиканского тектонического совещания. Киев, 1971.
12. Самсонов А.И., Краснощек А.Я. Новые представления о тектоническом строении Предобруджья и северо.западной части акватории Черного моря. – В. сб. Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, вып. 3. Киев, 1969.

Primit la redactie - 14 noiembrie 2016

УДК 624.131

Кырлан А.В.*

Определение прочностных характеристик глинистых грунтов для обеспечения устойчивости откосов выемок с помощью программного комплекса PLAXIS

Abstract

The object of this study is to determine the values of strength properties of clay soils, at which is possible loss of stability of excavation slopes on M21 highway (Chisinau-Poltava). The values of the stability coefficient of 8 excavation slopes were determined using the program Plaxis. The value of total cohesion C and internal friction angle φ , corresponding to the limit of the excavation slopes, was determined using method "phi / c reduction".

Key words: FEM, slope, excavation, stability, PLAXIS.

Rezumat

Scopul acestei lucrări este determinarea caracteristicelor de rezistență a pământurilor argiloase, la care e posibilă pierderea stabilității taluzurilor de debleu de pe traseul național M21 (Chișinău-Poltava). Folosind complexul de calcul Plaxis, au fost determinate valorile coeficientului de stabilitate a 8 taluzuri de debleu. Cu ajutorul metodei "phi/c reduction" au fost obținute valorile coeziunii totale C și unghiului de frecare interioară φ , ce corespund stării limită a taluzurilor de debleu.

Cuvinte cheie: MEF, taluz, debleu, stabilitate, PLAXIS

Резюме

Целью данной работы является определение значений прочностных характеристик глинистых грунтов, при которых возможна потеря устойчивости откосов выемок на трассе M21 (Кишинэу-Полтава). Используя расчётный комплекс Plaxis, определены значения коэффициента устойчивости 8-и откосов выемок. Методом "phi/c reduction" получены значения сцепления C и угла внутреннего трения φ , соответствующие предельному состоянию откоса выемок.

Ключевые слова: МКЭ, откос, выемка, устойчивость, PLAXIS.

Введение

Проблема определения прочностных характеристик для расчёта устойчивости склонов и откосов выемок остаётся актуальной в нашей стране. Сложность решения данной проблемы заключается не только в необходимости познания природы прочности и определения реологических характеристик грунтов [1, 2, 3], слагающих склоны республики, но и в отсутствии нового

* Технический Университет Молдовы

квалифицированного научного персонала и лабораторной базы. Взамен уходящего опытного персонала, формирование нового научно-подготовленного поколения специалистов в этой области, не наблюдается. Последние годы, не отмечаются вкладом в обновление лабораторного оборудования, открытием новых лабораторий, их оснащением современными вычислительными комплексами.

Научно-исследовательские институты, которые, по сути, должны быть заинтересованы в изучении этой проблемы и предлагать современные, научно аргументированные методы определения прочностных и реологических характеристик грунтов, и как результат, внести изменения или обновить нормативную документацию, остаются в стороне.

Как следствие, молодые проектировщики из-за отсутствия возможности выполнить необходимые экспериментальные исследования по определению физико-механических характеристик грунтов, а также, навыков использования программных комплексов для расчёта устойчивости склонов и откосов выемок или строительства на склонах пользуются характеристиками грунтов в соответствии с СНиП 2.02.01-83, не задумываясь о правильности данного выбора. В тоже время, в п.6.1 и п.6.2 СНиПа отмечено, что для проектирования оснований сооружений необходимо учитывать тот факт, что грунты имеют способность снижения прочностных характеристик во времени, а возможность и степень снижения нужно устанавливать опытным путём в полевых или лабораторных условиях.

В настоящей работе приводится материал, раскрывающий возможности программного комплекса Plaxis, для прогноза устойчивости откосов выемок и назначения характеристик прочности.

Объект и результаты исследования. Дискуссия

Данные исследования направлены на определение прочностных характеристик глинистых грунтов, при которых происходит потеря устойчивости откосов выемок и сравнение их с нормативными и экспериментальными данными.

В качестве объекта исследования были выбраны 8 откосов выемок, расположенных на трассе М21 (Кишинэу-Полтава). Выемки, раскрытые по характеристикам, отвечающим строительным нормам, оказались подвержены оползневой деформациям. Их профили и геологическое строение представлены на рис. 1. Исходные данные физико-механических свойств приведены в табл. 1.

Для проведения расчётов был выбран программный комплекс Plaxis, возможности и преимущества которого неоднократно доказаны [4, 5, 6]. Данный комплекс позволяет определить коэффициент устойчивости склонов и откосов выемок на основе метода “phi/c reduction”. Суть метода заключается в последовательном уменьшении значений угла внутреннего трения и сцепления до потери устойчивости массива грунта. Для определения прочностных параметров грунта при потере устойчивости используется общий множитель ΣM_{sf} :

$$\sum M_{sf} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{input}}{\operatorname{tg} \varphi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}; \quad (1)$$

где ΣM_{sf} – коэффициент снижения прочности, соответствующий коэффициенту устойчивости в момент разрушения, $tg\phi_{input}$ и c_{input} – исходные параметры прочности, $tg\phi_{reduced}$ и $c_{reduced}$ – параметры прочности, сниженные в ходе расчета до минимальных значений, достаточных для поддержания равновесия.

Полученные результаты расчёта устойчивости откосов выемок представлены в табл. 2.

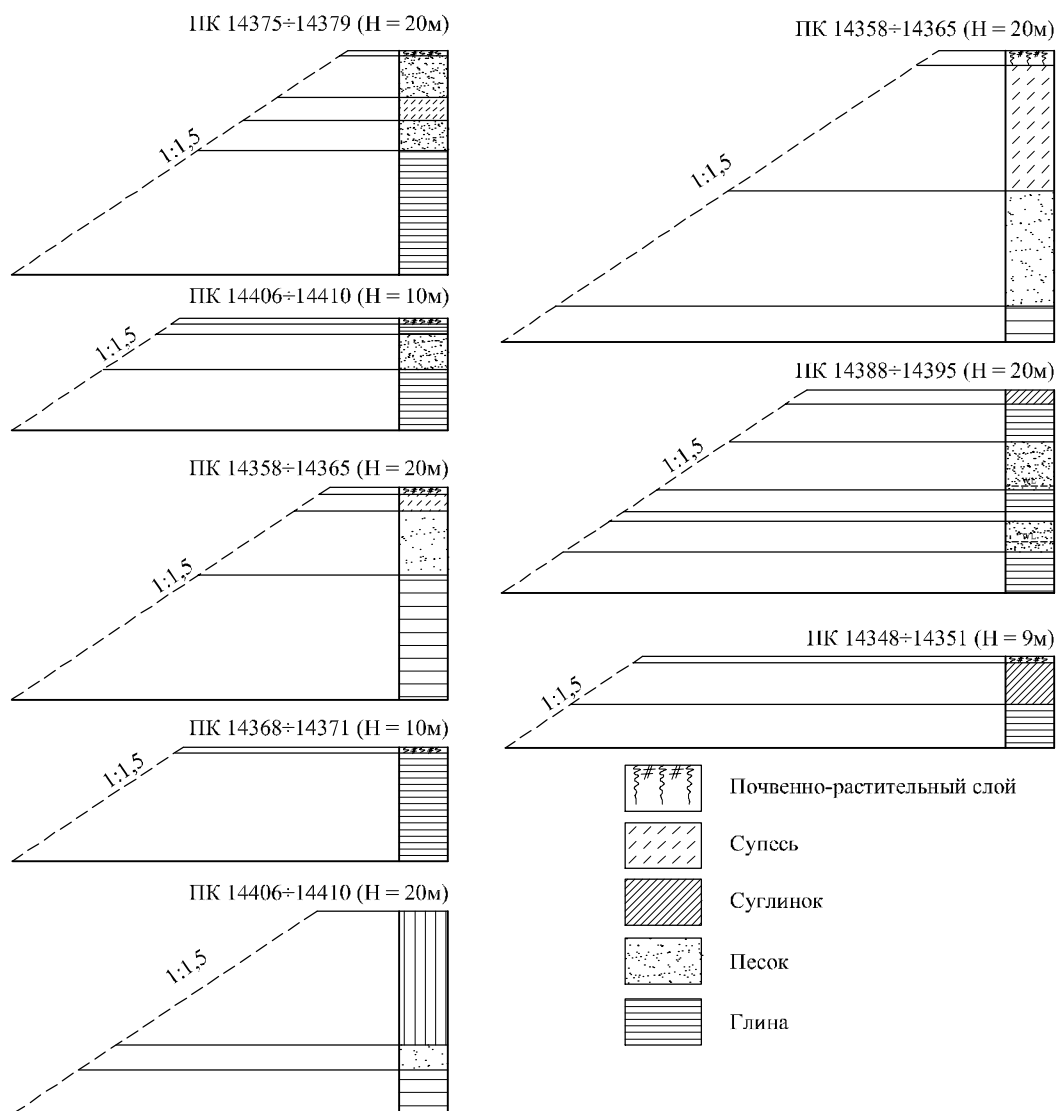


Рис. 1. Профили и геологическое строение откосов выемок

Таблица 1.

Нормативные физико-механические характеристики грунтов в соответствии с
Приложением 1, СНиП 2.02.01-83

Характеристики грунтов		Наименование грунтов			
		Супесь	Суглинок	Песок	Глина
Набор материала (Material set)	Material model (Модель материала)	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
	Material type (Тип материала)	UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
Общие свойства (General proprieties)	γ_{unsat} (кН/м ³)	17,0	17,0	16,0	18,0
	γ_{sat} (кН/м ³)	19,0	19,0	19,0	19,0
Водопроницаемость (Permeability)	k_x (м/сут.)	0,40	0,10	10,0	0,0001
	k_y (м/сут.)	0,40	0,10	10,0	0,0001
Жёсткость (Stiffness)	E_{ref} (кН/м ²)	14000	19000	28000	21000
	ν	0,3	0,35	0,3	0,42
Прочность (Strength)	c_{ref} (кН/м ²)	13	28	2	57
	φ (град.)	24	22	32	18

Таблица 2.

Коэффициент устойчивости откосов выемок и прочностные характеристики грунтов

№	Пикетаж откоса выемки	Коэффициент устойчивости для нормативных значений характеристик грунтов	Прочностные характеристики глинистых грунтов			
			нормативные значения		при потере устойчивости $K_{уст} \approx 1$	
			C (кН/м ²)	φ (град.)	c_{ref} (кН/м ²)	φ (град.)
1	ПК 14375÷14379	1,40	57	18	32	9
2	ПК 14406÷14410	1,89			19	6
3	ПК 14358÷14365	1,48			30	9,5
4	ПК 14368÷14371	2,80			20,1	6,4
5	ПК 14406÷14410	1,49			23,7	7,5
6	ПК 14358÷14365	1,11			32,4	10,2
7	ПК 14388÷14395	1,12			35,6	11,3
8	ПК 14348÷14351	3,21			14,3	4,5

Анализ полученных результатов выявил несоответствие в завышенных значениях коэффициента устойчивости и действительным состоянием откосов. Другими словами, отмечено противоречие, когда выемки, подверженные деформациям (выявлены в результате визуального обследования) характеризуются коэффициентами устойчивости, значительно превосходящими единицу. Это может быть объяснено тем, что прочностные характеристики глинистых грунтов, слагающих откосы выемок, используемые для расчёта, были приняты явно завышенными и как следствие, при проектировании откосов выемок назначались без учёта снижения прочностных характеристик во времени.

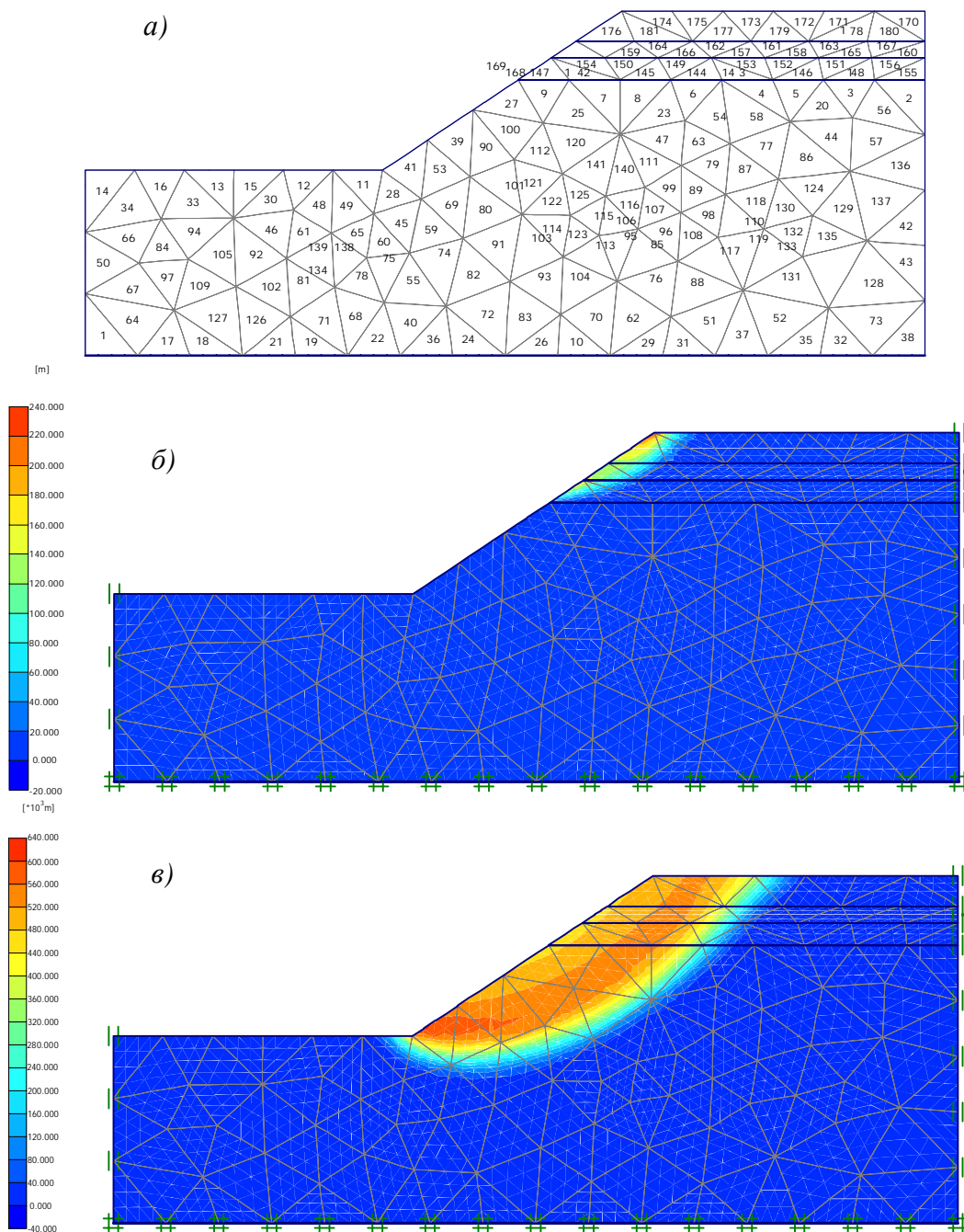


Рис. 2. Результаты расчёта устойчивости откоса выемки ПК 14375÷14379 с помощью PLAXIS: а) расчётная схема; б) изополя тотальных деформации для физико-механических свойств грунтов в соответствии с СНиП 2.02.01-83; в) изополя тотальных деформации после снижения прочностных характеристик глин до значений, отвечающих условию $K_{уст} = 1$.

Используя формулу (1) были определены характеристики глинистых грунтов, при которых откосы выемок теряют свою устойчивость, то есть при $K_{уст} \leq 1$ (табл. 2). Пример графической интерпретации результатов, до и после снижения прочностных характеристик, представлены на рис. 2.

Полученные результаты сцепления C и угла внутреннего трения φ намного ниже тех, которые предлагают строительные нормы [7]. Применительно к рассматриваемым случаям, они соответствуют результатам лабораторных испытаний для подготовленной и подготовленной увлажнённой поверхности.

Выводы

1. Прочностные характеристики, приведённые в *Приложение 1*, СНиП 2.02.01-83, не могут быть использованы в качестве расчётных значений при оценке длительной устойчивости выемок, раскрываемых в глинистых грунтах.

2. Для выбора надёжных значений параметров длительной прочности необходимо разработать методику, которая позволит устанавливать “служебную прочность” с достаточной степенью достоверности.

3. Полученные автором результаты указывают на возможность применения метода “phi/c reduction” программного комплекса PLAXIS при проектировании поперечных профилей выемок с надёжным запасом устойчивости.

Литература

1. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. Росавтодор. М.: Инфортавтодор, 2010. 114 с.
2. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. Кишинэу, ТУМ, 2013. 176 с.
3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1984. 80 с.
4. Cîrlan A. Cu privire la evaluarea gradului de stabilitate a debleurilor folosind programul de calcul Plaxis // Materialele conferinței tehnico-științifice internaționale “Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”, Ed. a 8-a, Vol. 3, (17-19 noiembrie 2016). Chișinău: UTM. 2016. P. 83-88.
5. Федоренко Е. В. Метод расчета устойчивости путем снижения прочностных характеристик. Транспорт РФ. 2013. № 6 (49). С. 24–26.
6. Леханова К.В., Новозинский А.Л. Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости грунтовых откосов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2011. № 1. С. 45–50.
7. СНиП 2.02.01-83. Основания и фундаменты. Госстрой СССР. М. Стройиздат, 1984, 39 с.

Primit la redactie -20 decembrie 2016

УДК 624.131

Полканов В.Н.¹, Сыродоев Г.Н.², Богдевич О.П.

Влияние инженерно-геологических условий на выбор оптимального варианта трассы Кишинэу-Джурджулешть

Abstract

On the basis of a detailed reconnaissance survey, sections of the route Chisinau-Giurgiulești, which may have developed dangerous geological processes (DGP) during the construction of the highway, were revealed. Recommendations for the choice of the optimal route variant were proposed. A list of areas requiring a complex analysis of the natural environment and protection from developing the DGP, was formed.

Key words: motor road, dangerous geological processes, protective measures

Rezumat

În baza unui studiu de cercetare detaliat au fost stabilite porțiunile traseului Chișinău-Giurgiulești pe care, în timpul construirii autostrăzii, pot să se manifeste procese geologice periculoase (PGP). Sunt oferite recomandări privind alegerea variantei optime a traseului. A fost alcătuită lista porțiunilor ce necesită o analiză mai amplă a mediului natural și de protecție împotriva dezvoltării PGP.

Cuvinte cheie: drumuri auto, procese geologice periculoase, măsuri de protecție

Резюме

На основе детального рекогносцировочного обследования выявлены участки трассы Кишинэу-Джурджулешть, на которых возможно проявление опасных геологических процессов (ОГП) при строительстве автодороги. Даны рекомендации по выбору оптимального варианта трассы. Составлен перечень участков, нуждающихся в комплексном анализе природной обстановки и защите от развивающихся ОГП.

Ключевые слова: дорога, опасные геологические процессы, защитные мероприятия

Введение

Для обеспечения длительной устойчивости земляного полотна автомобильной дороги и безопасности условий её эксплуатации, уже на предварительной стадии проектирования, необходимо с достаточной полнотой изучить геологическое строение района исследований, его геоморфологические особенности, выявить характер геодинамических явлений, способных осложнить строительство и эксплуатацию дороги.

Настоящие исследования являются продолжением работ, проводимых ранее в ТУМе с целью выбора оптимального варианта прохождения трассы Кишинэу-Джурджулешть. В силу ряда причин строительные работы полностью были

¹ Технический Университет Молдовы

² Институт экологии и географии АНМ

завершены лишь в пределах участка Кишинэу-Рэзень. Дальнейшее строительство автодороги, начатое в конце 90-х годов, было приостановлено. В настоящее время проектирование и строительство ведётся на отдельных, незначительных по протяжённости, участках. Это, по мнению авторов, лишает проектировщиков возможности увидеть наличие всех ОГП и выбрать стратегическое направление трассы с минимальным количеством "неблагоприятных" участков, где ОГП могут осложнить строительство и, как следствие, значительно повысить его стоимость.

В задачи исследования входило проведение рекогносцировочного обследования с выявлением ОГП, способных угрожать будущей трассе, и составление рекомендаций по выбору оптимального варианта её проложения на наиболее опасных участках.

Особенности инженерно-геологических условий трассы

Одним из наиболее сложных на проектируемой трассе является участок Рэзень-Михайловка. На этом участке трасса должна пересекать границу Кодр и Южно-Молдавскую расчлененную равнину, где в силу сложившейся тектонической обстановки выше современного базиса эрозии подняты малопрочные неоген-четвертичные песчано-глинистые толщи. Эти геоморфологические районы Молдовы отличаются высокой оползневой активностью. Современные оползни и потенциально опасные в оползневом отношении склоны занимают более 40 % территории.

Формирование основных черт современного рельефа описываемого района связано со среднеплиоценовой аллювиально-аккумулятивной равниной, дифференцированно приподнятой в аттическую фазу альпийской складчатости. Поднятие оживило деятельность эрозионных и денудационных сил и обусловленных ими оползневых процессов [1, 2].

В начале четвертичного периода произошло новое оживление неотектонической активности, проявившееся в интенсивных и дифференцированных движениях, смене направлений перемещений, активизации многих разломов более раннего заложения. При этом самое большое развитие получили разрывные нарушения [3, 4].

В современном структурном плане выделяются приподнятые и опущенные блоки. Соответственно, поверхности выравнивания на участках поднятий имеют отметки 225-250 м, на участках опусканий – 190-200 м. Остатки первичной равнины в настоящее время сохранились на наиболее возвышенных участках водораздельных пространств, в том числе в районе сел Сагайдак и Михайловка [5]. Слагающие её континентальные отложения, представленные, в основном, бурыми тяжелыми суглинками, глинами и песками, залегают на размывтой поверхности нерасчлененных верхнесарматских, меотических и понтических отложений.

Самой крупной рекой, которую пересекает трасса, является р. Ботна. Долина реки имеет характерную ступенеобразную сбросовую структуру, так как она также заложена по региональному тектоническому разлому. Неотектоникой обусловлены аномальные участки в продольном профиле реки. Лишь на отдельных участках сохранились остатки III и IV среднечетвертичных (среднеплейстоценовых) террас (Q_{II}^1 и Q_{II}^2), сложенных отложениями хазарского комплекса.

Долина р. Ботна характеризуется правосторонней асимметрией. Левые склоны долины пологие, нижние их части сложены оползневыми накоплениями. Правые склоны крутые, осложнены глубокими активными оползнями. Оползни в покровных отложениях довольно редки и обусловлены, чаще всего, антропогенными факторами. Поперечные профили склонов, как правило, выпуклые, что свидетельствует о продолжающемся процессе их формирования.

У с. Рэзень траса пересекает крупный правый приток р. Ботна – р. Ботнишоара, также имеющую у с. Милештий Ной перелом в продольном профиле, обусловленный неотектоническими движениями и выражающийся в резком сужении долины и увеличении глубины донного вреза до 2 м. Склоны долины р. Ботнишоара, в верхней части также имеющие выпуклые очертания, книзу выполаживаются, становятся прямыми, на отдельных участках даже вогнутыми.

Вдоль тектонических разломов и трещин закладывается и овражная сеть. Этим могут быть объяснены различная глубина эрозионного вреза и ступенчатые продольные профили донных оврагов, в частности, в пределах Рэзенского леса.

Таким образом, заложение и формирование склонов происходило и происходит в условиях активной тектонической деятельности и тесно связано с развитием эрозионных и оползневых процессов.

Современный рельеф сильно расчленен речными долинами и овражно-балочной сетью. Гряды холмов имеют, в основном, близкое к меридиональному направление. Отметки водораздельных пространств составляют 200-235 м, максимальная глубина эрозионного расчленения в долине р. Ботна достигает 200 м, а на остальной территории – 50-80 м.

Оползни носят унаследованный характер. Об этом свидетельствуют отдельные элементы древних оползней, увеличение мощности оползневых накоплений в нижних частях склонов, где они вскрыты современным эрозионным врезом или разведочными выработками, в частности на участке Рэзенского леса. Оползневые накопления характеризуются нарушением, а иногда и полной потерей текстурных и структурных особенностей первичных пород. В большей мере это относится к оползневым накоплениям, залегающим в нижней части склонов. В верхней части нарушенность первичных пород нередко носит сбросовый характер.

Большое значение в процессе подготовки оползневых смещений имеет формирование, под влиянием изменения напряжённо-деформируемого состояния склона, зон и поверхностей ослабления, в том числе и в виде зеркал скольжения, безусловно, приводящее к уменьшению прочности пород.

Формирование поверхностей ослабления начинается в период осадконакопления, когда в водной среде образуется глинистый осадок с микрослоистой текстурой. В нем уже четко наблюдается ориентировка чешуйчатых минералов вдоль поверхностей напластования. С этого момента создаются благоприятные условия для развития процессов выветривания и образования ослабленных зон в глинистых отложениях. Затем, в результате тектонических и сейсмогравитационных процессов, могут возникать зоны разрывных нарушений, в пределах которых породы претерпевают еще более значительные изменения. По этим зонам процессы выветривания могут распространяться на глубину до десятков метров и более, являясь, таким образом, результатом дальнейшего расширения диагенетической и тектонической трещиноватости.

Существенную роль в разупрочнении пород играет и интенсивность тектонических движений, под воздействием которых на поверхность выходят осадочные породы, залегавшие ранее на глубине под давлением вышележащей толщи пород. В новых условиях глинистые грунты быстро теряют прочность.

Многочисленные поверхности ослабления в глинистых грунтах Молдовы встречаются не только на оползневых, но даже и на склонах другого генезиса. Следовательно, формирование таких поверхностей и подготовка к оползневому смещению начинается задолго до проявления оползня в рельефе, что было в свое время подтверждено не только полевыми наблюдениями, но и результатами моделирования оползней на центробежной машине ДИИТа [6].

В описываемом районе оползневые процессы развиваются в толще отложений плиоцена и нерасчлененных отложений верхнего горизонта херсонского региоподъяруса. Последний прослеживается от широты Кожушна-Крикава до широты Чадыр-Лунги. Его мощность с севера на юг увеличивается до 100 м. В основном – это авандельтовая и дельтовая песчано-глинистая толща, сильно карбонатизированная, с линзами и прослоями известняков. В ее основании встречаются невыдержанные гравийные породы, состоящие из гальки, зеленовато-коричневых глин, мергелей. Выше залегают кварцевые пески, алевроиты и зеленовато-серые глины с прослоями известняков-ракушечников [7].

Нерасчлененные отложения сармат-меотиса представлены песчано-глинистыми образованиями. В северной части они залегают на морских отложениях верхней толщи Бессарабского региоподъяруса, в южной – Херсонского и перекрываются плиоценовыми образованиями, залегающими несогласно на отложениях миоцена и представленными разнообразными фациями: лагунно-морскими, озерно-речными, субаэральными и пр. Отложения эти исключительно разнообразны; в них смешиваются признаки континентальных и морских. Для большинства глинистых пород характерна беспорядочная текстура, свойственная при быстром осаждении при обильном непрерывном приносе однообразного материала в условиях постоянного взмучивании свежего осадка. При отсутствии поверхностей ослабления порода изотропна и обладает достаточно высокой прочностью. Однако, имеющиеся материалы инженерно-геологических изысканий свидетельствуют о том, что в описанных выше глинистых породах выделяются толщи с интенсивным развитием зеркал скольжения [8].

Отложения меотиса в верхней части представлены красноцветными континентальными глинистыми толщами, залегающими на голубоватых песчаных глинах с желто-бурыми и коричневыми пятнами с гнездами песка, друзами гипса и карбонатными стяжениями. На водораздельных пространствах залегают мелкозернистые косослоистые пески с тонкими прослоями глин.

Гидрогеологические условия на склонах, особенно пораженных оползнями, достаточно сложные. Кроме водоносных горизонтов, приуроченных к мощным, выдержанным по простиранию песчаным толщам, отмечается наличие подземных вод в небольших замкнутых песчаных линзах и тонких песчаных прослоях. Подземные воды циркулируют, также, по трещинам в глинистой толще, что приводит к насыщению покровных отложений в периоды выпадения обильных осадков и снеготаяния, снижению прочности пород и активизации оползневых процессов. Способствуют этому и особенности климатических условий описываемого района; прежде всего периодические аномалии в количестве

выпадающих в течение года атмосферных осадков и их распределение по сезонам. Основное количество осадков выпадает весной и осенью, когда преобладают процессы инфильтрации. Так, по данным метеостанции г. Кишинэу, при среднегодовом количестве осадков от 399 мм до 774 мм, в течение 1970–1972 гг. наблюдались значительные отклонения количества выпавших осадков от среднегодовой нормы и, естественно, наблюдалась активизация оползневых процессов, развивающихся в покровных отложениях.

Таким образом, особенности инженерно-геологических условий описываемого района требуют более пристального внимания при обосновании оптимального варианта трассы. Недостаточностью материалов, полученных на первом этапе изысканий, можно объяснить тот факт, что на сложных участках трассы не был выбран единственный вариант.

Выбор оптимального варианта трассы. Дискуссия

От с. Рэзень трасса, пересекая пойму р. Ботнишоара, проходит по дну широкой балки с пологими в нижней части давнеоползевыми склонами. На этом участке неблагоприятных или же осложняющих проектирование факторов практически нет. В верховьях балка раздваивается. При подходе к местному водоразделу возможны три варианта проложения трассы:

Вариант I – по водоразделу с подрезкой склона (порядка 5-6 м и более). При этом возникает необходимость проектирования глубокой выемки на подходе к железной дороге. При таком варианте значительно ухудшаются условия установившегося равновесия склонов. Откосы выемок будут подвергаться интенсивным процессам выветривания, что при дополнительном увлажнении может привести к оползанию. Для обеспечения длительной устойчивости откосов глубокой выемки потребуется осуществление удерживающих сооружений в сочетании с водозащитными мероприятиями.

Вариант II – вдоль балки, с отходом вправо, по лесу. На расстоянии первых 100-120 м балка достаточно широкая (до 100 м). Этот вариант с точки зрения устойчивости земляного полотна предпочтительнее. Однако особое внимание должно быть обращено на решение вопроса водоотвода. Для этих целей может быть использован неглубокий, порядка 3 м, овраг. Предварительно его будет необходимо укрепить.

По мере приближения к водоразделу балка резко сужается. Овраг углубляется на 20-30 м. Склоны балки становятся крутыми (до 30°). Строительство потребует на протяжении примерно 200 м разработки сложной выемки с устройством удерживающих сооружений. На участке в непосредственной близости размещён пруд. При проектировании потребуются дополнительные гидрогеологические исследования.

При выходе на плато трасса будет следовать вдоль железной дороги вплоть до с. Сагайдакул-Ноу. Осложняющих условий здесь нет.

От с. Сагайдак дорога уходит вправо, пересекая заиленное озеро. Это новый потенциально опасный участок. При прохождении его насыпью, высотой порядка 10 м, необходимо будет осуществить прогноз скорости уплотнения грунта с целью недопущения его выдавливания в процессе возведения и эксплуатации насыпи. При

соответствующем обосновании более предпочтительным в этом случае будет вариант эстакады.

Минуя озеро, трасса выходит на водораздел. Склоны рассечены многочисленными глубокими балками, представляющими собой древние эрозионно-оползневые цирки с отдельными очагами активизации.

По **варианту III** на участке обхода с. Порумбрей дорога пересекает головную часть одного из эрозионно-оползневых цирков. Это наиболее опасный участок. Устройство искусственных сооружений потребует осуществления сложного комплекса защитных мероприятий, как для обеспечения местной устойчивости откосов насыпи, так и устойчивости склона в целом.

В комплекс защитных мероприятий необходимо будет включить работы по борьбе с овражной эрозией, регулированию поверхностного стока, предусмотреть организованный сброс воды в протекающий в основании склона ручей. В противном случае, как показывает дорожная практика, возможно усиление развития эрозионных и оползневых процессов.

Детализация инженерно-геологических исследований позволит уточнить механизм развития оползня, обосновать необходимость устройства и тип удерживающих конструкций. Эффективность выбранных противооползневых мероприятий (ПОМ) следует обосновать, в том числе, методами физического и математического моделирования.

По второму варианту после пересечения ручья у с. Сагайдакул-Ноу, трасса отклоняется на юго-запад и проходит по дну балки, давнеоползневые склоны которой по левому борту осложнены активным оползнем. Далее дорога выходит на соседний водораздел (древний оползневой мыс). Несмотря на то, что этот водораздел шире ранее описанного (вариант I), процессы его формирования не завершены. Отмечаются видимые деформации в районе ПК – 330+00. Активный оползень развивается у ПК – 336+00. Заметные деформации прослеживаются и далее, вверх по склону, вплоть до ПК – 342+00, даже, несмотря на то, что этот участок склона облесен. При выходе на главный водораздел (на участке пересечения с существующей грунтовой дорогой Порумбрей-Сагайдак) потребуется устройство глубокой (более 20 м) выемки, основание которой может быть обводнено.

Изложенное выше позволяет отдать предпочтение варианту I.

Минуя с. Порумбрей, трасса выходит в балку Касым. Рекомендуется осуществить спуск через виноградники, так как здесь обеспечены соответствующие уклоны и устойчивость земляного полотна в целом.

Склоны балки Касым давнеоползневые, с отдельными очагами активизации, в верхней части балки высота склонов примерно одинакова (80...90 м). Правый склон более спокойный, несмотря на то, что крутизна его в нижней части составляет 6...8°. Склон сильно обводнен. Левый склон от ПК – 450+00 прорезан глубокими оврагами. Выходы источников здесь более редки.

При спуске в балку Касым в районе ПК – 367+20 расположено естественное озеро. Аналогичное озеро, ниже по балке, находится в районе ПК – 382+00 ... ПК – 384+50.

Учитывая, что правый давнеоползневой склон балки сильно обводнен, особенно в нижней части, не исключено участие подземных вод в образовании этих озер. В результате усиленного увлажнения на ПК-375+00 отмечаются

поверхностные деформации. При прохождении трассы на этом участке особое внимание должно быть уделено регулированию поверхностного стока, а также решению вопроса консолидации грунтов в основании насыпи.

Далее, вниз по балке от ПК – 406+00 до ПК – 408+50 на расстоянии порядка 75 м от будущей дороги отмечаются следы активизации оползневого процесса. Учитывая категорию трассы, в соответствии с требованиями ландшафтного проектирования, следует предусмотреть в пределах этого оползневого участка регулирование стока и посадку растительности.

На участке трассы от ПК – 442+00 до ПК – 447+00 в нижней части правого склона балки в рельефе четко прослеживается главный оползневой уступ.

От ПК – 451+50 до ПК – 464+00 на склоне местного водораздела крутизной 10...14° отмечаются многочисленные смещения и отдельные оплывины. Однако последние два оползневых участка расположены на расстоянии порядка 200 м от оси трассы. Их влияние на устойчивость земляного полотна может быть оценено при наличии проектного профиля.

В районе ПК – 385+00 ось трассы прижимается к левому склону балки Касым. Склон сложный, начиная от ПК – 450+00 до ПК – 570+00, расчленен глубокими оврагами. Отмечается несколько очагов активизации в виде сравнительно неглубоких оползней скольжения.

От ПК – 465+00 были рассмотрены семь вариантов дальнейшего прохождения трассы, в том числе шесть из них – с выходом из балки Касым по левому склону на окраину с. Михайловка. Ввиду сложности рельефа, наличия многочисленных глубоких оврагов и очагов активизации оползневых процессов варианты I-V следует отнести к неперспективным. Прохождение трассы по варианту VI потребует устройства мощных искусственных сооружений. Это связано с существующим в районе ПК – 557+00 озером и отстойником.

Таким образом, очевидно, наиболее целесообразным следует признать вариант VII – дальнейшего прохождения трассы вниз по балке Касым. Во избежание глубоких подрезок, желательно, чтобы трасса проходила по центру балки вплоть до ПК – 610+00. В случае возможной подрезки основания склонов балки потребуется проведение соответствующих расчетов и, возможно, проектирование удерживающих сооружений.

При выходе из балки Касым у ПК – 610+00 были рассмотрены три варианта:

Вариант I предусматривает выход на левый склон балки по участку со сложным пересеченным рельефом. Это требует его тщательной проработки, так как строительство автодороги будет сопряжено с устройством искусственных сооружений в виде тяжелых насыпей и глубоких выемок.

Вариант II предусматривает переход на левый склон в верхней части озера. Переход через озеро также потребует устройства искусственных сооружений (тяжелая насыпь, эстакада). Однако устойчивость земляного полотна при дальнейшем прохождении трассы будет обеспечиваться при этом варианте в большей степени, так как склон на этом участке более пологий.

Вариант III предусматривает обход озера по правому, пологому в нижней части, склону и также требует устройства искусственных сооружений. Осложняющим обстоятельством является повышенная крутизна (до 12°) левого склона балки в районе ПК – 655+00... ПК – 660+00.

От ПК – 760+00 до ПК – 800+00 трасса, пересекая р. Когыльник, проходит по низкой террасе. Устройство тяжелой насыпи потребует решения вопроса консолидации грунтов. Далее дорога выходит на крутой правый склон, сложенный террасовыми отложениями (в основном песчано-гравийными).

От ПК – 820+00 начинается спуск по существующей гравийной дороге в долину р. Лунга. В районе ПК – 820+00, пересекая левый склон долины р. Лунга, в склоны водораздела врезается глубокая балка, разветвленная в верхней части. По дну левого отвершка отмечается заболоченность, растет камыш. В правом отвершке образованы два искусственных озера.

От ПК – 820+00 до ПК – 862+00 трасса проходит по водораздельному пространству между этими отвершками. Осложняющих факторов на этом участке не наблюдается. При проектировании необходимо оценить устойчивость примыкающих к трассе склонов.

От ПК – 862+00 до ПК – 900+00 трасса проходит в нижней части склона р. Лунга. На отдельных участках его крутизна достигает 8° ; отмечается повышенная обводненность. Один из таких участков расположен на ПК – 877+00...ПК – 892+00, где автодорога будет проходить в непосредственной близости от железной дороги.

Расширение существующей автодороги на этом участке сопряжено с подрезкой обводненного склона. Возникает необходимость обоснования соответствующих защитных мероприятий, связанных, в первую очередь, с регулированием подземного и поверхностного стока и последующей рекультивацией нарушенных участков.

Одним из самых сложных участков является участок обхода с. Кириет-Лунга. Несмотря на то, что трасса здесь проходит по сравнительно пологому водоразделу между двумя балками, на расстоянии порядка 200 м от оси трассы на склонах одной из балок развиваются активные эрозионно-оползневые процессы. Строительство необходимых искусственных сооружений может в значительной степени повлиять на устойчивость склонов и земляного полотна. На этом участке требуется постановка детальных исследований для выяснения механизма, скорости развития процессов, комплексной оценки устойчивости склонов, обоснования защитных мероприятий.

В районе ПК – 930+00, при выходе на водораздел в верховьях балки, наблюдается участок повышенной обводненности.

В связи с изложенным, не исключена необходимость поиска других вариантов обхода с. Кириет-Лунга.

Следующий сложный участок обход г. Чадыр-Лунга. В районе ПК – 1117+00 трасса пересекает долину р. Лунгуца, оба склона которой крутизной более 10° , осложнены глубокими активными оврагами, прорезающими, в основном, супесчаные отложения. По самым крупным из них протекают постоянные водотоки. Выше по течению р. Лунгуца на расстоянии примерно 500 м, расположен пруд. Во избежание глубоких подрезок крутых склонов, на этом участке целесообразно устройство эстакады длиной не менее 500 м. В процессе проектирования следует рассмотреть вопросы борьбы с овражной эрозией.

В районе ПК – 1154+00 при намеченном варианте в непосредственной близости от трассы находится активный овраг. Для оценки влияния развития оврага на устойчивость земляного полотна следует предусмотреть наблюдения за динамикой его развития. Возможно, что на этом участке потребуются разработать

комплекс мероприятий по закреплению оврага или осуществить перенос оси трассы.

От ПК–1310+00 трасса спускается вниз по крутому (порядка 10°), левому склону р. Лунгуца, осложненному сетью зарождающихся оврагов. Вопрос об устойчивости выемок следует решать параллельно с проектированием профиля земляного полотна. На ПК–1334+30 трасса пересекает железную дорогу, что требует устройства эстакады.

Пересечение долины р. Большой Ялпуг осуществляется по существующей дамбе. У с. Балабану на ПК–1400+00 трасса меняет направление с западного на южное, пересекая безымянный приток р. Большой Ялпуг с глубоким донным врезом в нижней части. Далее от ПК–1407+50 она выходит на существующую автомобильную дорогу Кишинэу-Рени, идущую вдоль р. Большой Ялпуг.

У с. Мирное трасса проложена в основании крутого правого склона долины р. Большой Ялпуг. Склон рассечен крупными балками, в верховьях которых развивается новый эрозионный врез. Между селами Чумай и Мирное в средней, наиболее крутой, части склона развиваются многочисленные овраги, прорезающие песчаные отложения. Весь склон по своему характеру является давнеоползневый. В нижней части склона отмечается повышенная обводненность. При проектировании трассы на этом участке вплоть до ПК–1650+00 следует полностью исключить подрезку склона. Это предполагает, что ось трассы должна пройти по пойме.

На ПК–1770+00, пересекая левый склон балки Гельджигула крутизной $6-7^\circ$, трасса переходит на ее правый склон. На этом участке также желательно избегать глубоких подрезок.

От ПК–1800+00 дорога пересекает долину р. Кагул. Правый ее склон крутизной более 15° рассечен глубокими оврагами, однако на участке прохождения трассы условия сравнительно благоприятные. При отсутствии подрезок устойчивость склонов будет обеспечена.

От ПК–1910+00 трасса меняет направление на южное и проходит по существующей автомобильной дороге Кишинэу-Рени. Вплоть до ПК–2060+00 осложняющих прохождение трассы факторов не отмечается.

От ПК–2060+00 трасса спускается по левому, крутизной порядка 6° , склону балки Бужор. Правый склон этой балки аналогичен ранее описанному на ПК–1800+00. Выходы супесчаных грунтов позволяют говорить о возможности обеспечения устойчивости откосов выемок без устройства значительных защитных мероприятий. Об этом свидетельствует современное состояние откосов, не подверженных деформациям в период эксплуатации существующей дороги.

От ПК–2097+00 трасса меняет направление на западное. На ПК–2110+00 она пересекает крутые склоны балки Мындрешты. Склоны балок, хотя и крутые, тем не менее их устойчивость не вызывает сомнений в силу наличия супесчаных грунтов, слагающих их. Об этом также свидетельствует состояние выемок существующей дороги.

Вплоть до г. Джурджулешть (ПК–2130+00) осложняющих условий прохождения трассы не отмечается.

По результатам выполненного рекогносцировочного обследования составлены схема оползневой опасности (рис. 1) и каталог с детальным описанием, выявленных на отдельных участках трассы ОГП.



Рис. 1. Схема оползневой опасности трассы Кишинэу-Джурджулешть.

Участки, для которых не требуется дополнительных изысканий и, соответственно, капитальных вложений, в описательную часть не включены.

Выводы и рекомендации

На основании выполненных полевых обследований можно заключить:

В целом, трасса проходит в сравнительно благоприятных геолого-геоморфологических условиях. Однако имеется ряд участков, требующих дополнительного изучения инженерно-геологических условий и характера развития геодинамических процессов для комплексной оценки устойчивости земляного полотна с учетом необходимости устройства защитных мероприятий.

Детальных исследований, в первую очередь, требуют участки с активным развитием оползневых процессов – обход с. Порумбрей, с. Кириет-Лунга, г. Чадыр-Лунга; а также потенциально оползнеопасные участки, устойчивость которых может быть нарушена при строительстве – участок Рэзенского леса, выход из балки Касым, обход г. Вулкэнешть и др., на которых планируется глубокая подрезка или устройство насыпей.

На “неблагоприятных” участках необходимо проведение “опережающих” научно-исследовательских работ, которые помогут разработать мероприятия, обеспечивающие устойчивость земляного полотна на гарантийный срок эксплуатации автодороги и минимизировать расходы, связанные с дополнительными противодеформационными мероприятиями.

Литература

1. Boboc N., Sîrodoev Gh. Relieful // Republica Moldova. CN: “Enciclopedia Moldovei” IP, 2009. P. 4-11.
2. Билинкис Г. М. Геодинамика крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы в эпоху морфогенеза. «Бизнес-элита», „LEXtoria”, Кишинёв, 2009. 184 с.
3. Билинкис Г.М. Неотектоника Молдавии и смежных районов Украины. Кишинёв: Штиинца, 1971. 141 с.
4. Друмя А.В., Иванчук П.К., Каниковский В.И., Негодаев-Никонов К.Н. Тектоника Молдавской ССР. М.: АН МССР. 1961. 44 с.
5. Букатчук П.Д. и др. Отчет о проведенных съёмках континентальных плиоцен-четвертичных отложений, геоморфологической инженерно-геологической в пределах территории места. - 35 XII-XI, Кишинёв, 35-XVII Кишинёв, 1969.
6. Туровская А.Я. Закономерности развития оползневых процессов в зависимости от прочностных и деформационных особенностей глинистых грунтов. Автореф. дисс. на соиск. степени докт. геолог.-минер. н. М. МГУ, 1979. 39 с.
7. Букатчук П. Д., Блюк И. В., Покатилов В. П. Геологическая карта Молдавской ССР, м-б 1:200 000 (Объяснительная записка). Кишинёв, 1988. 180 с.
8. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. - Кишинэу, ТУМ, 2013. 176 с.

Primit la redactie – 15 noiembrie 2016

УДК 551.4.011:528.94: 551.437

Сербина С. *, Сыродоев Г. *, Мицул Е. *, Герась А. *, Бучкова М. *

Оценка пораженности Северо-восточной Молдавской возвышенности современными экзогенными процессами

Abstract

Based on the developed spatial models there was obtained a distribution matrix of the following exogenous processes: ravine erosion, landslides, karst, mudflows, rock falls and scree, for the North-East Sub-region of Moldavian Heights. A cumulative index was computed, and the model to evaluate the prevalence of the above-mentioned processes on this territory was obtained.

Keywords: *spatial models, exogenous processes, evaluation of the prevalence.*

Rezumat

Pe baza modelelor spațiale elaborate a fost obținută matricea distribuției a astfel de procese exogene precum a eroziunea ravenară, alunecările de teren, carstul, torenții de noroi, surparea pe teritoriul subregiunii Podișul Moldovei de Nord-Est. A fost calculat indicele cumulat și creat modelul de evaluare a afectării teritoriului respectiv cu procesele enumerate.

Cuvinte-cheie: *modele spațiale, de procese exogene, evaluarea afectării.*

Резюме

На основе разработанных пространственных моделей получена матрица распространения таких экзогенных процессов как овражная эрозия, оползни, карст, сели, обвалы и осыпи на территории Подобласти Северо-Восточной Молдавской возвышенности. Рассчитан суммарный индекс и построена модель оценки пораженности данной территории вышеперечисленными процессами.

Ключевые слова: *пространственные модели, экзогенные процессы, оценка пораженности.*

Введение

Подобласть Северо-Восточная Молдавская возвышенность [1] является частью Молдавской возвышенности расположенной по обе стороны от реки Прут [2]. Она представлена сложным сочетанием форм мезо-, микрорельефа и их элементов, характеризуется породами различного литолого-фациального состава. Эти особенности позволили выделить три геоморфологических района: I – Междуречье Прут - Ларга, II – Междуречье Ларга - Чухур и III – Междуречье Чухур - Днестр, ограниченное с юга Марамоновским разломом [3]. Границы районов хорошо согласуются с морфоструктурами, образовавшимися в ходе геологического развития территории в позднемiocен-четвертичном периоде [4].

Геолого-геоморфологические условия этих районов предопределили разнообразие и интенсивность развития экзогенных рельефообразующих

* Институт экологии и географии АН Молдовы

процессов. В предыдущие годы оценка пораженности геоморфологическими процессами этой территории проводилась отдельно по видам проявления каждого из них. Установлено, что склоны долин и балок здесь слабо поражены оврагами [5-7], шире развиты оползни [8]. В местах распространения верхнебаденских и нижнесарматских рифов встречаются поверхностные карстовые формы [9,10]. Только на данной территории проявляется гипсовый карст [11]. Картированы, описаны и классифицированы склоны по степени активности развития обвальнo-осыпных процессов [11, 12]. Относительно слабо в пределах возвышенности изучены сели.

Целью статьи является интегральная оценка пораженности экзогенными процессами территории данной подобласти.

Материалы и методы

Для решения поставленной задачи использовались картографический, сравнительно-картографический и геоинформационный методы исследований, а также метод индексных оценок. Источником исходной информации послужили: литологическая карта (1:200 000), среднемасштабные топографические карты, космические и аэрофотоснимки, а также данные полевых исследований. В пределах

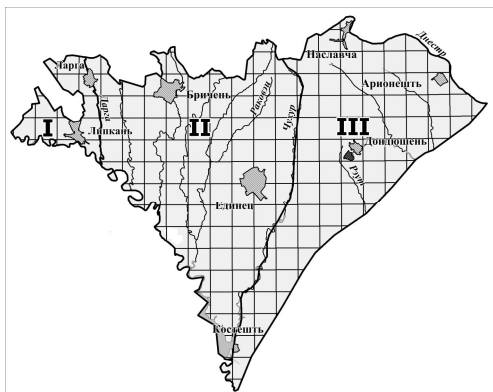


Рис.1. Район исследований с наложенной разграфкой листов топографической карты масштаба 1:10 000 (римскими цифрами показаны номера районов).

изучаемой территории выявлены различные формы проявлений овражной эрозии, оползневых, карстовых, селевых и обвальнo-осыпных процессов. С использованием ГИС-технологий разработаны пространственные модели «Овраги», «Оползни», «Сели», «Обвальнo-осыпные склоны», «Карст», «Литология». Из созданной ранее базы данных проведена выборка морфометрических характеристик форм проявления процессов. Для удобства моделирования полученные данные привязаны к матрице, в основу которой положена разграфка листов топографической карты масштаба 1:10 000 (рис. 1). В пределах каждой ячейки подсчитывались частота (для

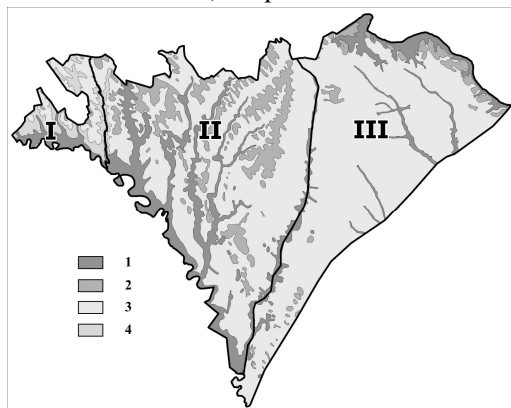
овражной эрозии) и плотность форм оползней, зон распространения карстовых, обвальнo-осыпных и селевых явлений. Пораженность территории определялась с использованием индексных оценок в баллах отдельно для каждого процесса, с последующим суммированием показателей [13].

Результаты и обсуждение

Неравномерная пораженность территории экзогенными процессами обусловлена, главным образом, ее геолого-геоморфологическими особенностями. Анализ литологического состава пород, принимающих участие в строении склонов

показал, что для изучаемой территории характерно 4 типа литологических разновидностей отложений (рис. 2):

❖ *Первый тип* представлен преимущественно сцементированными осадочными породами (песчаники, известняки с подчиненными прослойками мергелей, диатомитов) с прослоями глин и песков.



❖ *Второй тип* – песчано-гравийные породы (пески, гравий с линзами галек, конгломератов, алевритов, глин).

❖ *Третий тип* – глины, преимущественно карбонатные, иногда с маломощными прослоями мергелей, известняков и песков.

❖ *Четвертый тип* – глины неравномерно песчанистые, часто слоистые, с прослоями песков, песчаников и песчанистых известняков.

Рис. 2. Литологическая карта Северо-Восточной Молдавской возвышенности.

Литологические типы отложений: 1 – первый; 2 – второй; 3 – третий; 4 – четвертый.

В первых двух районах представлены все литологические разновидности пород, в третьем – отсутствуют карбонатные глины. Общая

площадь, занимаемая каждым типом изменяется в больших пределах. Наибольшее распространение имеют отложения третьего типа (см. таблицу).

Наряду с характерным для данной территории геоморфологическим строением, в пределах каждого района присутствуют и свои особенности. Они обусловлены разными условиями, в которых развивался каждый из геоморфологических элементов. В первую очередь, это касается склоновых поверхностей.

На территории Междуречья Прут - Ларга склоны представлены двумя генетическими типами – аккумулятивным и эрозионно-денудационным. В строении склонов аккумулятивного типа принимают участие отложения 1-5 надпойменных террас. Эти склоны относятся к пологим и они слабо поражены экзогенными процессами. На склонах второго типа созданы поверхности, которые характеризуются как покатые (средняя крутизна $7,6^0$) с широко развитыми эрозионными процессами, при этом оползни здесь проявляются слабо.

На территории Междуречья Прут - Ларга склоны представлены двумя генетическими типами – аккумулятивным и эрозионно-денудационным. В строении склонов аккумулятивного типа принимают участие отложения 1-5 надпойменных террас. Эти склоны относятся к пологим и они слабо поражены экзогенными процессами. На склонах второго типа созданы поверхности, которые характеризуются как покатые (средняя крутизна $7,6^0$) с широко развитыми эрозионными процессами, при этом оползни здесь проявляются слабо.

Для района характерно интенсивное проявление карстовых процессов, обусловленное наличием толщи гипсов мощностью до 27 м. При инженерно-геологическом районировании территория крайнего северо-запада выделена в обособленную единицу, характеризующуюся наличием карстовых процессов в

гипсовых породах [11]. В районе слабо распространены овраги и оползни. Здесь преобладают ареалы с низкой степенью пораженности геоморфологическими процессами – менее 6 баллов (рис. 3).

Таблица. Распространение литологических разновидностей пород в геоморфологических районах

Геоморфологический район	Площадь района, км ²	Тип литологической разновидности	Площадь распространения, км ²	Доля площади разновидности в площади района, %
I. Междуречье Прут - Ларга	192,3	1	43,2	23
		2	3,8	2
		3	73,4	38
		4	71,9	37
II. Междуречье Ларга - Чухур	1626,7	1	328,1	20
		2	245,5	15
		3	1042,4	64
		4	10,7	1
III. Междуречье Чухур - Днестр	1415,4	1	153,0	11
		2	70,0	5
		3	1192,4	84

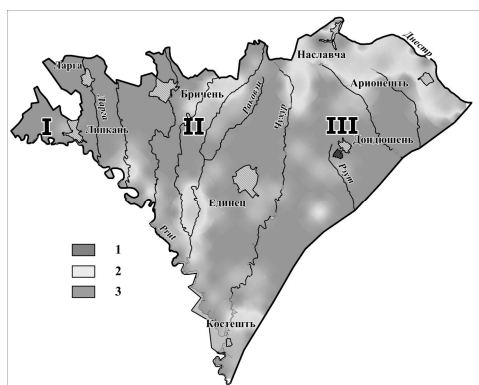


Рис. 3. Оценка пораженности экзогенными процессами. Степень пораженности: 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая.

Междуречье Ларга-Чухур представляет собой возвышенное денудационное плато, расчлененное сетью водотоков. Литологический состав пород более разнообразен, чем в районе I и представлен глинами, песчаниками, известняками с чередующимися прослойками мергелей, глины, песка, диатомита. Это территория распространения рифовых известняков, которые образуют отдельные массивы и гряды до 70 метров высотой и 1000 м длиной, с плоскими вершинами и крутыми обрывистыми склонами. Выходящие на поверхность известняки предрасположены к развитию обвально-осыпных процессов.

Генезис склонов района различен и представлен четырьмя типами: эрозионно-денудационными, денудационными, аккумулятивными и аккумулятивно-денудационными. Преобладают поверхности эрозионно-денудационного типа, покрытые верхнечетвертичными и современными элювиально-делювиальными и делювиальными образованиями. Для северной части района (в верховьях реки Раковэц и ее притоков) характерны склоны со средней крутизной $8,8^{\circ}$. Здесь развиваются преимущественно оползни. Склоны, расположенные южнее, отличаются большей крутизной ($11,2^{\circ}$) и широким распространением линейной эрозии. Овраги и оползни развиты, в основном, на левых склонах долины р. Раковэц и ее притоков. Распространение оползней

сосредоточено в верховьях рек (в частности, рек Драгиште и Мокрый Раковэц), где склоны сложены нижней песчано-глинистой толщей бессарабского подъяруса. Овраги формируются в приустьевой части долин, на более крутых склонах. Различные формы карста на этой территории приурочены к зоне рифов.

В пределах района выделяются ареалы с низкой и средней степенью пораженности экзогенными процессами. Средней пораженностью характеризуются рифовая зона и зона верховий рек Драгиште и Мокрый Раковэц. Суммарный индексный показатель не превышает 10 баллов.

Особенностью района III является склон долины р. Днестр и примыкающая к ней территория с неглубоким залеганием и выходами на дневную поверхность скальных пород. Она характеризуется высокой степенью активности экзогенных процессов. Этому способствует большая глубина вертикального расчленения (минимальное значение составляет 172 м, максимальное – 237 м, а среднее – 193 м). Склоны здесь преимущественно эрозионно-денудационного генезиса, местами представлены также аккумулятивные и аллювиально-делювиальные, они занимают большую площадь, чем такие же склоны в районе II. В строении ареалов с повышенной активностью экзогенных процессов принимают участие сцементированные осадочные породы с подчиненными прослоями песков и глин. В этих породах в большей степени развиваются обвально-осыпные процессы, реже карст и овражная эрозия (суммарный индекс достигает 17 баллов). Крутые склоны (средняя крутизна 14°) долины реки Днестр интенсивно поражены овражной эрозией. Геолого-геоморфологическое строение способствует также развитию грязевых и грязево-каменных селей. Оползни для этих условий нехарактерны.

Выводы

На изученной территории возвышенности развиваются эрозионные, оползневые, обвально-осыпные, карстовые и селевые процессы. Анализ пораженности показал, что экзогенные процессы развиты неравномерно и большую площадь занимают участки с низкой степенью пораженности (сумма баллов < 6). Ареалы со средней степенью пораженности (сумма баллов 6 – 10) характерны для долин рек Днестр и Прут, а также примыкающих к ним участков. Для долины Днестра и ее притоков высок риск возникновения селевых потоков. В зоне рифов бассейна р. Прут развиты карст, обвально-осыпные процессы, оползни, овраги. Зоны с высокой степенью пораженности (сумма баллов >11) занимают небольшие по площади территории. Они представлены склонами долины реки Днестр в районах сел Наславча и Арионешть. Эти склоны активно поражены оврагами, обвально-осыпными процессами и различными формами карста. Район III, примыкающий к долине р. Днестр, характеризуется наибольшим риском проявлений опасных геоморфологических процессов.

Литература

1. Boboc N., Mișul E., Sîrodoev Gh. Unități de relief. În: Republica Moldova. Condiții geomorfologice (serie de hărți). Editura "Iulian". 2006.
2. Martiniuc C., Băcăuanu V. Regiunile geomorfologice. În: Atlasul Republicii Socialiste România. București, 1979.

3. Сербина С., Бучкова М., Сыродоев Г., Мицул Е., Герась А. Особенности развития Северо-восточной Молдавской возвышенности. В: Академику Бергу Л.С. – 140 лет. Сборник научных статей /Международная ассоциация хранителей реки "Есо-TIRAS", образоват. фонд им. Л.С.Берга, Бендер. Историко-краеведческий музей; Бендеры: "Есо-TIRAS", 2016 (Tipogr. "Elan Poligraf). P. 237-241.
4. Билинкис Г.М., Друмя А.В., Дубиновский В.Л., Покатилов В.П. Геоморфология Молдавии. "Штиинца", Кишинев, 1978. 188 с.
5. Sîrodoev Gh., Mițul E. Condițiile geologo-geomorfologice. In: Calitatea factorilor de mediu în contextual dezvoltării durabile a regiunii de dezvoltare Nord. Tipografia din Bălți, 2015. P. 15-16.
6. Sîrodoev Gh., Mițul E., Ignatiev L. și alt. Dezvoltarea eroziunii liniare. În: Republica Moldova. Hazardurile Naturale Regionale. Chișinău, 2009. P. 33-46.
7. Sîrodoev Gh., Mițul E., Ignatiev L. și alt. Evaluarea riscurilor de apariție a proceselor geomorfologice periculoase. In: Republica Moldova. Hazardurile Naturale Regionale. Chișinău, 2009. P. 9-15.
8. Билинкис Г. М. Оползневое районирование Молдавии. В: Изв. АН МССР. Сер. Физ. – техн. и мат. наук, № 2, 1973. С. 76–80.
9. Мицул Е.З, Сыродоев Г.Н. Особенности развития карста в Молдове. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Тирасполь, 9-10 ноября 2012 – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2012. С.197-199.
10. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 416 с.
11. Sîrodoev G., Mițul E. Caracteristici geologice și geomorfologice ale părții de est a bazinului râului Prut (Republica Moldova). Studii și cercetări de geografie, t. LI-LII, Ed. Academiei Române, București, 2004-2005. P. 29-42.
12. Sîrodoev Gh., Mițul E., Ignatiev L., Gherasi A. Particularitățile formării și răspândirii versanților de surpare-grohotiș in jumătatea de Nord a Republicii Moldova. În: Revistă de Etnografie, Științe ale Naturii și Muzeologie. Serie nouă Fascicula Științele Naturii de Muzeul Național de Etnografie și Istorie Naturală, Nr. 12(25). Chișinău, 2011. P. 129-131.
13. Мухина Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. Из-во Наука, Москва, 1973. 95 с.

Primit la redactie – 7 decembrie 2016

CZU: 551.77, 564.1, 564.3

Mogorici C.

Studiul moluștelor din zona orașului Camenca

Abstract

The paper presents a contribution to the paleontological investigations of Sarmatian (volhyniene) molluscs from the Republic of Moldova, as well as abroad. The main purpose of the paper is the detailed study of the diversity of species and taxa groups fauna of the layers aged volhyniene of the site from Camenca. Also, a correct assessment of data, which could then complete geological stratigraphy section of Miocene age deposits in Republic of Moldova. Content detection and features of faunal associations of molluscs and their place in the evolution of marine and brackish fauna of the lower Sarmatian from Eastern Paratethys.

Key words: bivalves, gastropods, Eastern Paratethys, site, Camenca.

Rezumat

Lucrarea prezintă o contribuție la investigațiile paleontologice ale moluștelor sarmațiene (volhyniene) din Republica Moldova, precum și de peste hotarele ei. Scopul principal al lucrării este studiul detaliat al diversității speciilor și taxonilor grupurilor de faună din stratele de vârstă volhyniană din situl de la Camenca. Sunt evidențiate conținutul și particularitățile faunistice ale asociațiilor de moluște, precum și locul lor în evoluția faunei marine și salmastre a Sarmațianului inferior din regiunea Paratethys-ului de Est.

Cuvinte cheie: bivalve, gastropode, Paratethys de Est, sit, Camenca.

Резюме

В статье приводит результаты палеонтологических исследований сарматских (волыньских) моллюсков Республики Молдова, а также сопредельных стран. Основной целью работы является детальное изучение видового разнообразия групп и таксонов малакофауны волыньского возраста, которые известны из каменского местонахождения. Были выявлены особенности фаунистических ассоциаций, моллюсков и их место в эволюции морских и солоноватых водных бассейнов восточного Паратетиса в ранесарматское время.

Ключевые слова: двустворчатые, брюхоногие, Восточный Паратетис, местонахождение, Каменка.

Introducere

Teritoriul de studiu se referă la o regiune unde depozitele marine ale Sarmațianului inferior (volhynian) sunt geologico-stratigrafic caracterizate și cronologic datate prin indici fosili concreți. Gama variată de taxoni fosili ce predomină în limitele acestui teritoriu, au permis crearea unei imagini mult mai clară privind condițiile de mediu și climatice din trecutul geologic al zonei de nord – est a teritoriului Republicii Moldova, fapt ce este foarte important pentru reconstituirea trecutului geologic al acestui teritoriu atât în timpul volhynianului, cât și în timpul întregului Sarmațian.

Studiul acestor grupuri de organisme extinde înțelegerea noastră despre conținutul taxonomic și specific al faunei din regiune, dă posibilitatea de a utiliza datele obținute pentru reconstrucții stratigrafice, faciale, paleogeografice și biofaciale mult mai detaliate; dezvoltarea și corelarea secțiunilor geologice atât din Parathetysul de Est cât și din cel Central.

Aflorimentul este așezat la marginea de Est a orașului Camenca (Altitudinea – 90m; coordonatele geografice: N–48,036674°; E–028,715812°), spre ieșire de s. Hrustovaia, (Transnistria) la 200m sud de o benzinărie, în râpa, care este afluent de stânga al râului Camenca. (fig. 1)

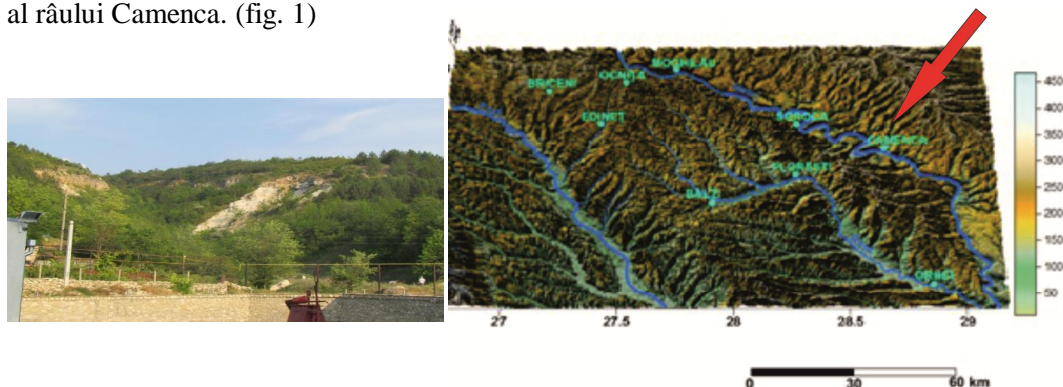


Fig.1. Amplasarea aflorimentului de studiu.

Materiale și metode

Obiectul principal al cercetării a constituit fauna de moluște (bivalve și gastropode) din depozitele volhyniene colectată de la aflorimentul așezat la marginea de Est a orașelului Camenca. Pentru studiul moluștelor am utilizat metode inductive (observații directe în teren, descrierea sistematică a fiecărui exemplar, în laborator) și metode deductive (principiul superpoziției stratelor, principiul actualismului, metode geocronologice, metode paleogeografice etc.).

Pentru cercetarea de laborator a fost utilizată aparatură specială: lupă, șubler, calculator, microscop digital trinocular cu cameră video (BEL SZN - T), și aparat de fotografiat digital.

Moluștele de talie mare au fost măsurate cu șublerul și apoi descrise, iar cele mici au fost analizate și măsurate cu ajutorul microscopului, după care au fost descrise. Fotografiile le-am realizat utilizând microscopul digital trinocular (BEL SZN - T) și aparatul foto digital.

Descrierea aflorimentului (fig.2)

1. Partea de jos este acoperită cu vegetație forestieră și deluviuni. Partea vizibilă a aflorimentului de jos în sus începe cu un strat de calcar oolitic de culoare gri-gălbuie cu un conținut bogat de moluște și fragmente de moluște de dimensiuni 0,5 – 1 cm. Stratul este aproape orizontal. Grosimea vizibilă a stratului cca 0,5 m.
2. Este reprezentat printr-un nivel bine definit de calcar recristalizat, de 8 – 10 cm. Culoarea – gri, conținutul de moluște este același.
3. Strat de calcar fărâncios bogat în cochilii și fragmente de cochilii. În acest strat se întâlnesc nodurile de cremene cimentat. Grosimea – 15-20 cm, dar variază pe afloriment.

4. Strat de calcare formate din amestec de cochilii cu gresie și nisip calcaros. Au culoare gălbuie-gri. Se observă prundiș cimentat. Grosimea este cca 1m.
5. Deasupra calcarelor urmează un strat de nisip calcaros de culoare gri-brună, microgranulat. Se întâlnește faună dar e foarte rău conservată. Grosimea cca 20 cm.
6. Strat de calcar nisipo-grezos cu un conținut sărac de faună cu grosimea cca 20 cm și care se păstrează pe toată suprafața aflorimentului.
7. Un strat de nisip calcaros, pe alocuri cimentat până la gresie cu conținut relativ sărac de fragmente de moluște. Culoarea- gri-gălbuie.
8. Calcar recristalizat de culoare gri cu conținut de moluște. Este relativ tare și dur. Predomină fisuri orizontale. Grosimea – 40-50 cm. Partea superioară este acoperită de mușchi și se observă intercalații de cremene. Mușchii de aici cresc pe nisip roșietic cu intercalații de gresii bogate în faună fosilă.
9. Strat de marnă calcaroasă de culoare de la albă până la ruginie, grosimea cca 30 cm.
10. Deasupra marnelor este un strat de ≈ 10 cm de nisip galben-gri cu material detritic care trece într-un strat de gresii, după care ≈ 4 m de nisip bine stratificat cu intercalații de gresii și calcare. La vre-un metru mai sus de baza nisipului se află un strat de nisip argilos de culoare brună închisă, umed, microgranulat. Deasupra acestui nisip, avem iar nisip gălbui-gri cu mici intercalații de gresii și lamine bogate în faună. În partea superioară a acestui strat sunt gresii cu stratificație orizontală și intercalații de faună de moluște.
11. Treptat gresiile trec în calcare recristalizate cu urme de cochilii dar sunt și intercalații de moluște întregi. Grosimea – 1-1,5 m.
12. 7m de nisip gri-gălbui deschis cu conținut sărac în faună, în partea superioară sunt multe intercalații de gresii unde apare și faună.
13. Nisip carbonatic, foarte bogat în faună cu stratificație orizontală. Culoare gri-gălbuie. Grosimea 12 – 15 m.

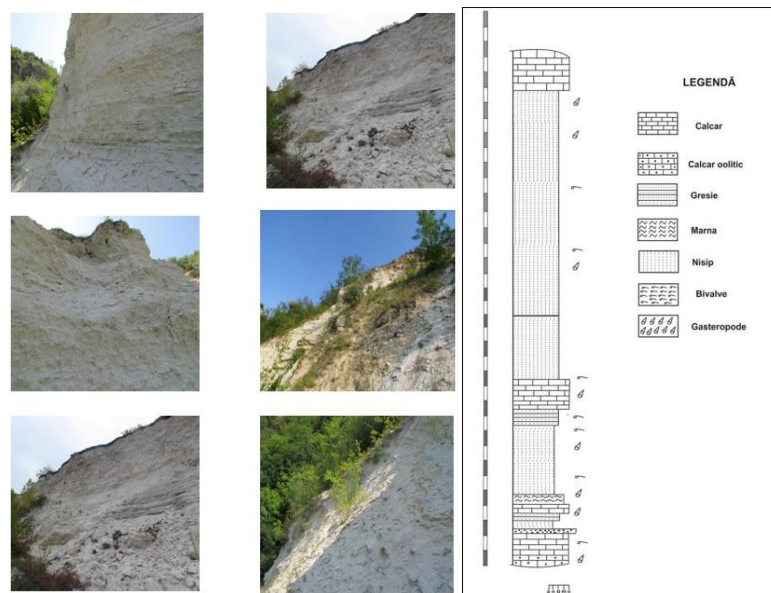


Fig.2. Aflorimentul investigat

Ultimul strat este reprezentat prin calcare rifogene recristalizate, dure probabil besarabiene, partea superioară e acoperită cu vegetație și pădure de conifere.

Paleontologie sistematică

Sistematica bivalvelor a fost efectuată conform clasificării lui Moore (1969), iar sistematica gastropodelor a fost efectuată conform celei a lui Buchet & Rocroi (2005).

Clasa Bivalvia Linnaeus, 1758.

Superfamilia Mactracea Lamarck, 1809.

Familia Mesodesmatidae Gray, 1839.

Genul *Ervilia* Turton, 1822.

***Ervilia dissita* (Eichwald, 1830)**

1935 *Ervilia dissita* Eichwald – Kolesnikov, p. 39, pl. 3, figs. 9-16.

1954 *Ervilia dissita dissita* (Eichwald) – Papp, p. 88, pl. 11, figs. 18-21.

1971 *Ervilia dissita dissita* (Eichwald) - Nicorici, p. 220, pl. 2, fig. 13.

1999 *Ervilia dissita* (Eichwald) – Brânzilă, p. 220, pl. 23, fig. 1, 2.

2001 *Ervilia dissita* (Eichwald) – Țibuleac, pl. 1, fig. 3.

2011 *Ervilia dissita* (Eichwald) – Harzhauser et al., fig. 3.4.

2013 *Ervilia dissita* (Eichwald) – Tamaș et al., p. 67.

Material: au fost analizate 15 exemplare din colecția MNEIN colectate de la aflorimentul din satul Bursuc, 6 exemplare din colecția IGS, colectate mai recent de la aflorimentul din preajma or. Camenca, precum și 8 exemplare colectate de la aflorimentul din satul Cremenciug.

Răspândirea. Sarmațianul inferior din Volânia, Podolia, Ucraina de sud, Crimeea, Daghestan, Abhazia, Georgia, România, Bulgaria, Ungaria, Austria etc.

În regiunea cercetată a fost depistată în depozitele volhyniene din satul Bursuc, aflorimentul Râpa Nămâlvi.

Dimensiuni. Lungimea (L) 8 – 16 mm, înălțimea (î) 6 – 11 mm, grosimea valvei (gv) 2 – 5 mm, grosimea părții anterioare (gpa) 5 – 9 mm.

Diagnoza este după V.I. Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Exemplare de dimensiuni mici, valve relativ convexe. Valvele prezintă un profil inegal și sunt ornamentate cu linii de creștere concentrice fine, puțin excentrice. Dentiție heterodontă. Au pereți destul de groși față de alte bivalve volhyniene. Marginile anterioară și posterioară sunt mai rotunjite decât cea inferioară. Umbonul este puternic înclinat spre partea posterioară. Înclinarea umboanelor depinde de grosimea valvelor, dacă valva este mai groasă atunci umbonul va fi mai înclinat, iar dacă valvele au pereți subțiri respectiv și umbonul va fi mai puțin înclinat. Urmele de creștere sunt foarte clare și la indivizii cu valve mai groase sunt mult mai dure, decât la cei cu valve subțiri. Linia mantalei și urmele mușchilor sunt clare. Sinusul nu este prea mare și este aproape rotund.

Familia Cardiidae Lamarck, 1809.

Genul *Obsoletiforma* Kolesnikov, 1948.

***Obsoletiforma lithopodolica* Dubois, 1831.**

***Obsoletiforma lithopodolica* Dubois, 1831.**

1935 *Cardium lithopodolicum* Dubois; Kolesnikov, p.102, pl.XIV, fig. 7-10.

1954 *Cardium lithopodolicum* Dubois; Papp. Pl.15, fig. 9.

1968 *Cardium lithopodolicum* Dubois; B. Ionesi, p. 239, pl. IV, fig. 12-14.

1999 *Obsoletiforma lithopodolica* Dubois; Brânzilă, p. 186, pl. XXVI, fig. 1-5.

2006 *Obsoletiforma lithopodolica* Dubois; V. Ionesi, p. 182, pl. I, fig. 13-16.

2012 *Obsoletiforma lithopodolica* Dubois; M. Gorka et al., p. 167, fig. 19 A, C.

Material: au fost analizate 3 exemplare din colecția MNEIN colectate din aflorimentul "Râpa Nămâlvii", satul Bursuc și 8 exemplare din colecția IGS colectate din aflorimentul din preajma or. Camenca.

Răspândirea. Este o specie găsită destul de frecvent în depozitele bugloviene și volhyniene inferioare (România), în depozitele sarmațiene inferioare din Crimeea, Georgia, Austria etc. În Republica Moldova a fost depistată în depozitele volhyniene din aflorimentul "Râpa Nămâlvii" (s. Bursuc).

Dimensiuni. Lungimea (L) = 12 – 15 mm; înălțimea (î) = 9,4 – 15 mm; grosimea valvei (g. v) = 3 – 5 mm; grosimea părții anterioare (g.p.a) = 5,2 – 6,1 mm.

Diagnoza este după Kolesnikov (1935) [18].

Descrierea. Cochilii oval-triunghiulare au marginea posterioară rotunjită iar marginea anterioară sub formă de aripă. Partea exterioară este acoperită de coaste radiare plate, cca 21-27 la număr, despărțite prin spații la fel de plate. Deasupra coastelor, dispuse transversal, se mai observă și niște spații bombate, numărul și lățimea cărora probabil depinde de creșterea cochiliei propriu-zise. Avem exemplare de valve drepte, pe partea interioară a cărora observăm doi dinți laterali și unul cardinal în formă de cârlig.

Clasa Gastropoda Cuvier, 1797.

FAMILIA POTAMIDIDAE H. AND A. ADAMS, 1854.

Genul *Granulolabium* Cossmann, 1889.

***Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814).**

1935 *Cerithium mitreolum* Eichwald; Kolesnikov, p. 223; pl. XXVIII, fig. 9-13.

1954 *Pirenella picta bicostata* (Eichwald); Papp, p. 41; pl. 6, fig. 19-21.

1968 *Potamides bicinctus* Eichwald; B. Ionesi, p. 252; pl. IX, fig. 27-29.

2001 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Harzhauser and Kowalke, fig. 4.10.

2002 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Harzhauser and Kowalke, p.66, pl. 11, figs.1-8, pl. 13, figs. 1-3.

2006 *Potamides bicostatus* (Eichwald); V. Ionesi, p. 199; pl. V, fig. 11.

2008 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Mandic et al., fig. 7h.

2011 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Harzhauser et al., fig. 3.7.

2013 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Michał Stachacz, p. 80; fig. 9D.

2013 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi); Tamaș et al., fig. 2i, j.

Material: 9 exemplare de la aflorimentul din Camenca și 15 din aflorimentul de la Bursuc.

Răspândirea. Este o specie destul de întâlnită în volhynianul superior din întreg Paratethysul. Exemplarele studiate au fost colectate dintr-un afloriment de la marginea estică a orașelului Camenca, spre ieșire din satul Hrustovaia (malul stâng al r. Nistru).

Dimensiuni. Înălțimea (î) = 6,8-8,8 mm; lățimea cochiliei (l) = 3,1-4,5 mm; înălțimea ultimei ture (îut) = 2,5-3,7 mm; înălțimea aperturii (îa) = 1,6 - 3,0 mm; lățimea aperturii (la) = 1,3-1,7 mm.

Diagnoza este după Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Cochilie conică, turiculată, constituită din 7-10 ture de spiră. Începând cu a doua sau a treia tură încep să apară niște tuberculi mici. Se întâlnesc exemplare la care tuberculii dispar până la turele superioare. Apertura este ovală. Spre partea superioară se îngustează, iar partea inferioară are o tăietură sub formă de semicerc. Partea exterioară a aperturii este subțire.

Genul *Potamides* Brongniart, 1810.

Potamides nodosoplicatus Hörnes, 1855.

1935 *Cerithium nodosoplicatum* M. Hoernes; Kolesnikov, p.227, pl. XXVIII, fig. 22-24.

1954 *Pirenella nodosoplicata* (M. Hoernes); Papp, p. 41, pl. 6, fig. 25, 26.

1968 *Potamides nodosoplicatus* (M. Hoernes); B. Ionesi, p. 253, pl. VIII, fig. 14-17.

2006 *Potamides nodosoplicatus* (M. Hoernes); V. Ionesi, p. 199, pl. V, fig. 12.

2014 *Potamides nodosoplicatus* (Hörnes, 1855); Filipescu et al., p. 78, pl. 10, fig. 5.

Material: au fost analizate 3 exemplare din aflorimentul de la marginea estică a orașelului Camenca.

Răspândirea. Se întâlnește frecvent în volhynian și anume în orizontul cu ceriți. A fost depistat în România, Podolia, Austria etc. În Republica Moldova a fost depistat în depozitele volhyniene din nord-estul teritoriului.

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 11,2-17,0 mm; lățimea cochiliei (l) = 4,5-5,3 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}ut$) = 4,8-6,4 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 2,4 - 3,4 mm; lățimea aperturii (la) = 2,1-2,7 mm.

Diagnostica este după Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Cochilii turiculate constituite din 8-12 ture de spiră. Fiecare tură este acoperită cu tuberculi, ultima tură făcând excepție și fiind mult mai netedă decât celelalte. Tuberculii de pe ultimele 5 ture sunt aranjați sub formă de coaste radiare, paralele, pe fiecare tură câte două rânduri de astfel de coaste, de la a șasea tură utlimul rând de coaste începe să dispară, până la utlima tură dispar ambele rânduri de coaste tuberculate.

FAMILIA CERITIHIDAE

Genul *Cerithium* (Adanson, 1757).

Cerithium rubiginosum Eichwald, 1830.

1935 *Cerithium rubiginosum* (Eichwald) Dubois, Kolesnikov, p. 232, pl. XXVIII, fig. 29-30.

1954 *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* (Eichwald), Papp, p. 46, pl. 6, fig. 27-28.

1968 *Cerithium rubiginosum* (Eichwald), B. Ionesi, p. 249, pl. VIII, fig. 10-13.

2006 *Cerithium rubiginosum* (Eichwald), V. Ionesi, p. 196, pl. IV, fig. 13-14.

Material: 5 exemplare din colecția MNEIN colectate din s. Bursuc, 7 exemplare din colecția IGS la fel din s. Bursuc și 8 exemplare din aflorimentul situat în preajma or. Camenca.

Răspândirea. Este o specie foarte frecventă în depozitele volhyniene din întreg Paratethysul. A fost depistat în România, Volânia, Podolia, Austria, etc. În Republica Moldova a fost depistat în stratele volhyniene din s. Bursuc, aflorimentul „Râpa Nămâlvii”.

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 12,7-20,5 mm; lățimea cochiliei (l) = 4,5-7,2 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}ut$) = 4,8- 10,5 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 3,0 - 6,3 mm; lățimea aperturii (la) = 2,3-5,3 mm.

Diagnostica este după Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Au forme trochospirale. Cochiliile sunt constituite din 7-9 ture. Pe ture observăm o anumită ornamentație sub formă de tuberculi, pe ultima tură acești tuberculi uneori păstrează culoarea brună deschisă din trecut. Restul cochiliei este de culoare albă-gălbuie. Apertura este ovală cu margini relativ groase. În zona canalului sifonal apertura devine mai adâncită, iar labrumurile sunt îndoite spre exterior. Această specie foarte mult se aseamănă cu *Cerithium gibbosum* Eichwald. Deosebirea dintre ele constă, în faptul că

la *Cerithium rubiginosum* numărul de ture este mai mic, înălțimea mai mică și ornamentația pe ultima tură este mult mai pronunțată.

Cerithium rubiginosum Eichwald 1830, juvenilă

2011 *Cerithium rubiginosum* (Eichwald, 1853), juvenile; M. Harzhauser et. al., p. 772, fig. 4h.

Material: 4 exemplare colectate din aflorimentul de la marginea estică a orașelului Camenca.

Răspândire. Au fost colectate din aflorimentul de la marginea estică a orașelului Camenca de la altitudinea de cca 90 m.

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 6,8-7,1 mm; lățimea cochiliei (l) = 3,0-3,7 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}t$) = 3,0-3,7 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 2,5 - 2,0 mm; lățimea aperturii (l_a) = 1,4-1,6 mm.

Descrierea. Cochilii turiculate, ascuțite, alcatuite din 7-8 ture. Toate turele sunt ornamentate cu tuberculi mici, așezați radial pe fiecare tură. Înălțimea ultimei ture coincide cu lățimea cochiliei. Apertura este ovală, în zona canalului sifonal apertura este despicată, iar marginile tăieturii sunt înatorse în afară.

SUPERFAMILIA BUCCINOIDEA RAFINESQUE, 1815.

Familia Nassariidae Iredale, 1916.

Genul *Duplicata* Zhizhchenko in Kolesnikov, 1939.

Duplicata duplicata (Sowerby, 1832).

1935 *Buccinum duplicatum* Sowerby; Kolesnikov, p. 243, pl. 29, fig. 7-9.

1954 *Dorsanum duplicatum duplicatum* (Sowerby); Papp, p. 51, pl. 8, figs. 1-5, 8-10.

2004 *Duplicata duplicata* (Sowerby); Harzhauser & Kowalke, p. 34, pl. 5, fig. 7-9, pl. 7, fig. 11.

2004 *Dorsanum duplicatum* (Sowerby); Ionesi & Țabără, pl. 4, fig. 16.

2009 *Dorsanum duplicatum duplicatum*; Țibuleac, p. 238, pl. XII, fig. 11-14.

2011 *Duplicata duplicata* (Sowerby); Harzhauser et al., fig. 3.10.

2013 *Duplicata duplicata* (Sowerby); Tamaș et al., p. 77, fig. 4d.

2014 *Duplicata duplicata* (Sowerby); Filipescu et al., p. 78, fig. 10, nr.6.

Material: au fost analizate 3 exemplare colectate din aflorimentul de la marginea estică a orașelului Camenca.

Răspândire. Este răspândită în depozitele sarmațiene din întreg Paratethysul și anume în bessarabianul inferior din România (Țibuleac, 2009), precum și în volhynianul superior din Republica Moldova (Paratethysul de Est) și în sarmațianul din Paratethysul Central (Papp, 1954; Harzhauser & Kowalke, 2004).

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 8,3-10,2 mm; lățimea cochiliei (l) = 4,5-5,3 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}t$) = 4,7 - 5,5 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 3,8-4,6 mm; lățimea aperturii (l_a) = 1,9-2,4 mm.

Diagnoza este după Kolesnikov (1935). [18].

Descrierea. Cochilii conice, constituite din 6-7 ture de spiră. Ultima tură constituie 70% din înălțimea totală a cochiliei. Această dimensiune a turei îi conferă cochiliei o formă de ou. Pe această tură ornamentația este constituită din coaste axiale radiare proeminente care devin plate spre partea superioară. De la a doua tură observăm coaste transversale, de la început acestea se continuă de la sutură la sutură ca spre vârful cochiliei să dispară. Suturile sunt foarte adânci și formează parcă niște trepte. Apertura este oval-alungită. Marginile ei sunt subțiri la partea inferioară și mai groase la cea superioară. Marginea interioară de multe ori iese în exterior sub formă de un mic picioruș.

SUPERFAMILIA RISSOIDEA GRAY, 1847.

Familia Rissoidae Gray, 1847.

Genul *Mohrensternia* Stoliczka, 1868.

***Mohrensternia hydroboides* Hilber, 1897.**

1935 *Mohrensternia hydroboides* Hilber; Kolesnikov; p. 213, pl. XXVII, fig. 7, 8.

1954 *Mohrensternia hydroboides* Hilber; Papp; p. 35; pl. 5, fig. 22, 23.

2004 *Mohrensternia hydroboides* Hilber; Kowalke & Haryhauser; p. 126, fig. 9E, F.

2008 *Mohrensternia hydroboides* Hilber; Á. Zagyvai & G. Demeter; p. 52, fig. 4d.

Material: au fost analizate 4 exemplare colectate din aflorimentul care se găsește la marginea estică a orașelului Camenca.

Răspândirea. Sarmațianul inferior din Podolia, Austria precum și depozitele volhyniene din zona de studiu (Republica Moldova).

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 1,35-2,4 mm; lățimea cochiliei (\hat{l}) = 0,9-1,2 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}ut$) = 0,85 - 1,5 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 0,3 = 0,9 mm; lățimea aperturii ($\hat{l}a$) = 0,5-0,8 mm.

Diagnoza este după Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Cochilii mici de ordinul milimetrilor, turiculate, oval-alungite, constituite din 5-6 ture de spiră, rotunjite și bombate. Suprafața exterioară este aproape netedă și doar ultimele două sau trei ture sunt acoperite cu ondulații asemănătoare cu cele de la *Mohresternia inflata*, doar că asta nu sunt atât de evidențiate. Apertura are forma oval-rotunjită, cu marginea exterioară un pic ascuțită.

***Mohrensternia inflata* (Hörnes, 1856)**

1935 *Mohresternia inflata* M. Hörnes; Kolesnikov; p. 211; pl. XXVII; fig. 3-6.

1954 *Mohrensternia inflata* (Andrzejowsky); Papp; p. 34; pl. 5; fig. 12-17.

1968 *Mohrensternia inflata* (Andrzejowsky); B. Ionesi; p. 247; pl. VII; fig. 5a, 5b.

2004 *Mohrensternia inflata* Hörnes; Kowalke & Harzhauser; p. 127, fig. 10A, B.

2013 *Mohrensternia inflata* Hörnes; Tamaș et al., p. 73; fig. 3c.

Material: Au fost analizate 11 exemplare din colecția MNEIN colectate din satul Bursuc.

Răspândirea. Sarmațianul inferior din Podolia, România (Buglovian), Ucraina, Bulgaria, Slovacia, Austria etc. În Republica Moldova au fost găsite în stratele volhyniene din s. Bursuc, aflorimentul „Râpa Nămâlvii”.

Dimensiuni. Înălțimea (\hat{i}) = 2,0-3,6 mm; lățimea cochiliei (\hat{l}) = 1,5-2,1 mm; înălțimea ultimei ture ($\hat{i}ut$) = 1,6 - 2,6 mm; înălțimea aperturii ($\hat{i}a$) = 1,0 = 1,5 mm; lățimea aperturii ($\hat{l}a$) = 0,8-1,2 mm.

Diagnostica este după Kowalke & Harzhauser (2004). [9]

Descrierea. Cochilii mici, conice, cu înălțimea cuprinsă între 2,0-3,6 mm. Sunt constituite din 5-6 ture de spiră care cresc treptat. Primele ture din partea superioară sunt rotunde iar celelalte sunt de forma unei cepe. Prima tură este întotdeauna netedă, iar începând cu a două tură apar coaste longitudinale. La ultima tură, îndeosebi în zona aperturii acestea încep a se netezi. În afară de coastele longitudinale pe suprafața cochiliei se mai observă și ornamente transversale sub formă de spirale tuberculuate. Apertura este ovală cu marginile subțiri. Partea inferioară a aperturii este rotunjită iar cea superioară – ascuțită.

O putem ușor deosebi de celelalte genuri prin coastele longitudinale de pe suprafața turelor de spiră.

SUPERFAMILIA NERITOIDEA RAFINESQUE, 1815.

Familia Neritidae Rafinesque, 1815.

Genul *Agapilia* Harzhauser and Kowalke, 2001.

***Agapilia picta* (Férussac, 1825)**

1954 *Clithon pictus pictus* (Férussac); Papp, p. 21, pl. 5, fig. 1-3.

1999 *Theodoxus pictus pictus* (Férussac); Filipescu et al., pl. 3, fig. 2.

2001 *Agapilia picta* (Férussac); Harzhauser and Kowalke, p. 356, fig. 2.5-10.

2004 *Agapilia picta* (Férussac); Harzhauser, p.15, pl. 1, figs. 7-9.

2008 *Agapilia picta* (Férussac); Mandic et al., fig. 7e.

2013 *Agapilia picta* (Férussac, 1825); Tamaș et al., p. 71, fig. 2g, h.

2014 *Agapilia picta* (Férussac); Filipescu et al., p. 69, tab. 10, fig. 2.

Material: au fost analizate 11 exemplare, 3 fiind de la MNEIN și 8 din aflorimentul de la marginea estică a orașelului Camenca.

Răspândirea. Această specie a fost identificată în depozitele sarmațiene inferioare din Austria, România, Bulgaria, Ungaria, etc. În Republica Moldova a fost identificată în orizontul inferior al depozitelor volhyniene din satul Bursuc.

Dimensiuni. Înălțimea (î) = maximă 4,4 mm; lățimea cochiliei (l) = 3,9 mm; înălțimea ultimei ture (îut) = 4,1 mm; înălțimea aperturii (îa) = 3,7 mm; lățimea aperturii (la) = 2,2 mm.

Descrierea. Cochilia este de talie foarte mică (câțiva milimetri), hemisferică, aplatizată cu un număr redus de ture de spiră, ultima tură constituid cca 90% din înălțimea cochiliei. Cochilia este netedă cu anumite desene în formă de zig-zag care sunt mai evidente pe ultima tură. Apertura este semicirculară cu marginea internă răsfrântă.

SUPERFAMILIA PHILINOIDEA GRAY, 1850.

Familia Cylichnidae H. and A. Adams, 1854.

Genul *Acteocina* Gray, 1847.

***Acteocina lajonkaireana* (Basterot, 1825).**

1935 *Bulla lajonkaireana* Basterot; Kolesnikov; p. 285; pl. XXXIII; fig. 1-4.

1954 *Acteocina lajonkaireana lajonkaireana* (Basterot); Papp; p. 59; pl. 10; fig. 4-7.

1999 *Acteocina lajonkaireana lajonkaireana* (Basterot); Filipescu et al., pl. 3, fig. 21.

2001 *Acteocina lajonkaireana lajonkaireana* (Basterot); Țibuleac, pl. 2, fig. 29, 30.

2002 *Acteocina lajonkaireana* (Basterot); Harzhauser & Kowalke, p. 74, pl. 13, fig. 18, 19.

2004 *Acteocina lajonkaireana lajonkaireana* (Basterot); Ionesi and Țabără, pl. 4, fig. 10.

2008 *Acteocina lajonkaireana* (Basterot); Mandic et al., fig. 7f.

2013 *Acteocina lajonkaireana* (Basterot); Tamaș et al., p. 78; fig. 4h.

Material: au fost analizate 6 exemplare din or. Camenca (col. IGS) și 14 din s. Bursuc (col. MNEIN).

Răspândirea. Aceste specii au fost identificate în sarmațianul inferior din România, Ucraina de sud, Austria, Bulgaria, Ungaria, Slovacia etc. În Republica Moldova au fost depistate în aflorimentele din nord-estul teritoriului în depozitele volhyniene.

Au fost analizate 20 de exemplare din colecția MNEIN și 6 colectate din aflorimentul de la Camenca.

Dimensiuni. Înălțimea (î) = 2,6-4,0 mm; lățimea cochiliei (l) = 1,3-1,9 mm; înălțimea ultimei ture (îut) = 2,4 - 3,6 mm; înălțimea aperturii (îa) = 2,1 - 3,1 mm; lățimea aperturii (la) = 0,7-1,2 mm.

Diagnostica este după Kolesnikov (1935). [18]

Descrierea. Cochilie oval-cilindrică, constituită din 3-4 ture de spiră. Primele ture sunt rulate sub formă de con, ultima tură constituie 75% din înălțimea cochiliei. Apertura este alungită, cu pereți relativ groși. Ornamentația este redusă, observăm doar rareori un rând de tuberculi șterși în partea superioară a turelor de spiră.

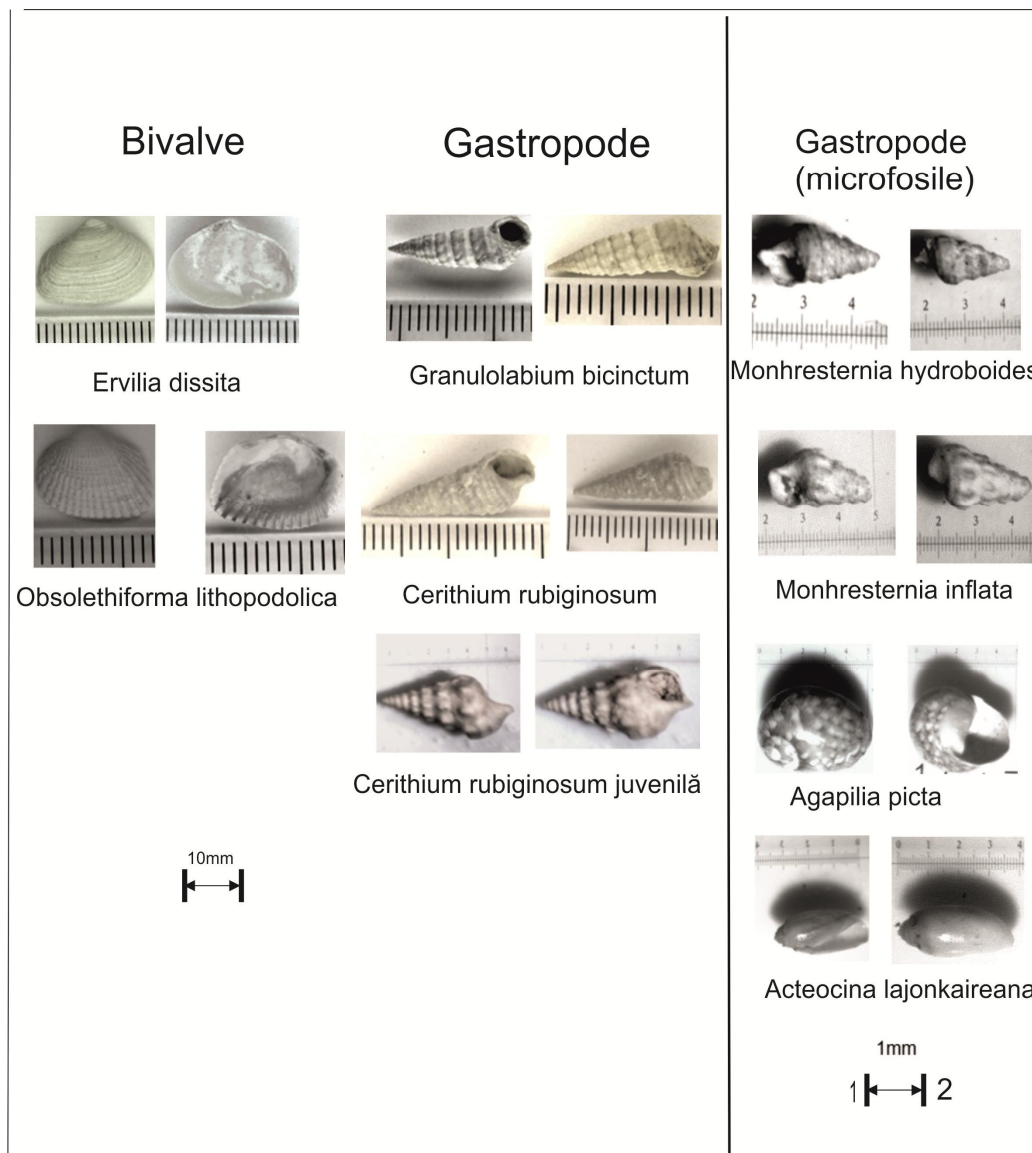


Fig. 3. Taxoni analizați.

Rezultate și discuții

A fost investigat aflorimetul situat la marginea stică a orașelului Camenca, spre ieșire de satul Hrustovaia, (Transnistria), la 200m Sud de o benzinărie, în râpa care este afluent de stânga al râulețului Camenca. De aici au fost descrise două specii

predominante de bivalve: *Ervilia dissita* (Eichwald, 1830) și *Obsoletiforma lithopodolica* Dubois, 1831, precum și 7 specii de gastropode. Bivalvele identificate aparțin la două familii: *Mesodesmatidae* Gray, 1839 și *Cardiidae* Lamarck, 1809. Gastropodele aparțin următoarelor familii: *Potamididae* H. and A. Adams, 1854, *Cerithiidae*, *Nassariidae* Iredale, 1916, *Rissoidae* Gray, 1847, *Neritidae* Rafinesque, 1815 și *Cylichnidae* H. and A. Adams, 1854.

O astfel de faună a fost depistată și în alte zone ale Republicii precum și în alte regiuni ale Paratethys-ului: România, Ucraina, Austria, Bulgaria, Republica Cehă, Polonia, Slovacia, Ungaria etc.

Tabelul 1. Asociații de moluște volhyniene și corelarea lor cu alte regiuni

Nr.crt	Regiuni	Platforma Moldovenească						Bazinul Transilvaniei	Bulgaria	Bazinul Vieniței	Polonia
		Republica Moldova		România							
	Taxoni	V. Roșca (1964, 1981, 1987)	E. Saulea (1995)	B. Ionesi (1968)	Țibuleac (1998)	Brânzilă (1999)	V. Ionesi (2006)	Tămaș et al. (2013)	E. Kojumdieva (1969)	Papp (1954)	Lukeneder et al. (2011)
a	Bivalve										
1	<i>Ervilia dissita</i> (Eichwald)	x		x	x	x	x	x	x	x	x
2	<i>Obsoletiforma lithopodolica</i> (Dubois)	x		x			x			x	
3	<i>Polititapes tricuspis</i> (Eichwald)			x	x	x	x		x	x	
b	Gasteropode										
1	<i>Acteocina lajonkaireana</i> (Basterot)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	<i>Agapilia picta</i> (Férusac)							x		x	x
3	<i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald)	x	x	x			x		x	x	x
4	<i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald), juvenilă									x	
5	<i>Potamides nodosoplicatus</i> (Hörnes)	x	x	x	x		x		x	x	
6	<i>Granulolabium bicinctum</i> (Brocchi)			x	x		x	x		x	x

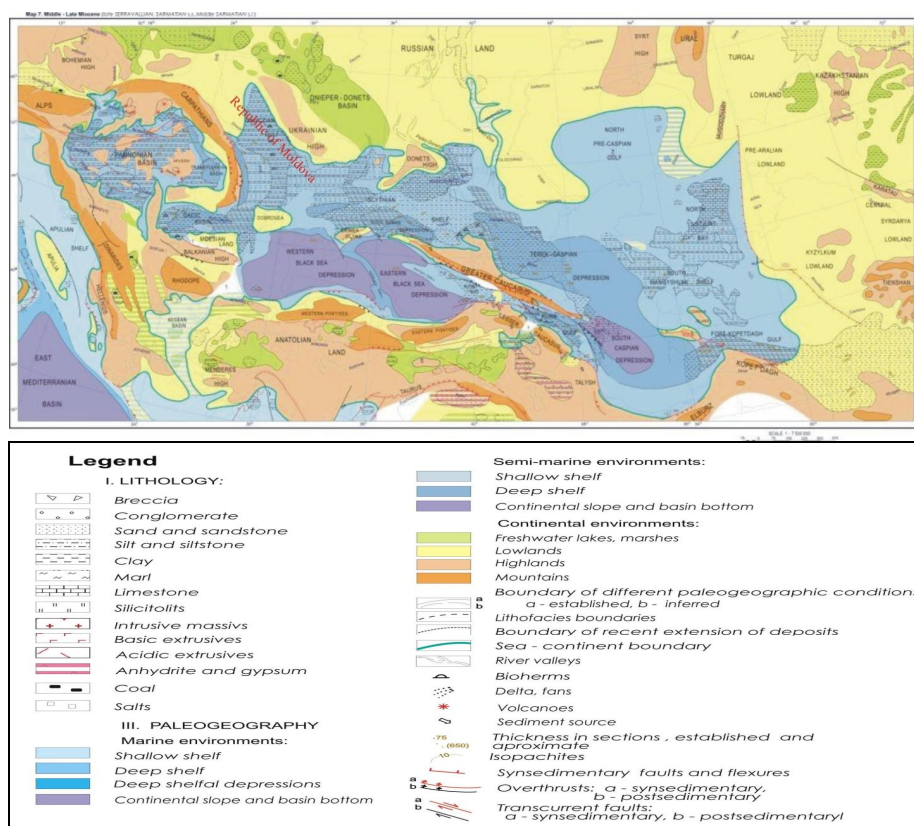


Fig. 4. Harta paleogeografică a Miocenului mediu tardiv (Sarmațianul s.s.) după Popov et al. 2004.

Acest fapt este demonstrat și prin asamblul de moluște depistat de noi, dar care este prezent și în celelalte regiuni ale Paratethys-ului. [tab. 1] În a doua jumătate a Sarmațianului mediu, oceanul Paratethys s-a despărțit în Estic (Panonic) și Vestic (Dacic și Euxino-Caspic), istoria cărora din acel moment a decurs diferit, în legătură cu care și istoria acestor genuri a fost diferită.

Concluzii

În urma cercetărilor efectuate am putut efectua câteva concluzii:

1. Zona de studiu reprezenta o porțiune a bazinului Sarmațian timpuriu cu o salinitate medie.
2. Prezența bivalvelor (*Ervilia*, *Obsoletiforma*) în unele strate demonstrează situația hidrodinamică relativ liniștită și o adâncime nu prea mare a bazinului (maxim 50 m). La o astfel de concluzie a ajuns și dna B.Ionesi (1968) și dl V.Ionesi (2006) cândau studiat fauna de bivalve din Valea Siretului și Valea Șomuzului mare (România).
3. Prezența subgenului *Duplicata* demonstrează că bazinul suferea variații de adâncime deoarece acestea spre deosebire de bivalve trăiau în zonele de mare adâncime și în depozitele argiloase.

4. Majoritatea speciilor de *Monhresternia* aparțin zonelor vestice ale Paratethysului – bazinele Vienez, Panonic și Dacic precum și golfurilor Galițian și Bosforian. Foarte probabil, că diversitatea mai redusă a Monhresterniilor în Paratethysul de Est putea fi legată cu salmastrizarea sa mult mai accentuată.
5. Sistematic, cel mai mult, reprezentanții genului *Obsoletiformis* predominau în bazinul Euxino-Caspic (unde salinitatea apelor era cea mai mică), iar cel mai puțin erau în bazinul Panonic deoarece acolo salinitatea apelor era mai mare și aici foarte slab era reprezentat acest gen.
6. Trebuie de menționat, că în Sarmațianul timpuriu și în prima jumătate a Sarmațianului mediu Paratethysul era un ocean unic, constituit din bazinele Panonic, Dacic și Euxino-Caspic care întrețineau legături între ele. [fig.4].

Bibliografie

1. Brânzilă, M., (1999), Geologia părții sudice a Câmpiei Moldovei, Ed. Corson, Iași.
2. Ionesi B. Stratigrafia depozitelor miocene de platformă dintre Valea Siretului și Valea Moldovei. Editura Academiei Republicii Socialiste România. București, 1968. Pp. 233-257.
3. Harzhauser M. & Kowalke T., 2001. Early Miocene brackish-water Mollusca from the Eastern Mediterranean and from the Central Paratethys – a faunistic and ecological comparison by selected faunas. Journal of the Czech Geological Society, 46 (3-4): 353-374.
4. Harzhauser M. & Kowalke T. Sarmatian (Late Middle Miocene) Gastropod Assemblages of the Central Paratethys. FACIES 46(1):57-82 JANUARY 2002, Erlangen. Impact Factor: 1.45.
5. Harzhauser et al.: Nassariid gastropods in the Neogene Paratethys. Frankfurt am Main, 31.12.2004. 133 (1/2) 1–63.
6. Harzhauser M. & Herbert Binder. Synopsis of the Late Miocene mollusc fauna of the classical sections Richardhof and Eichkogel in the Vienna Basin. 133 1/2., 11 plates Frankfurt am Main, 31.12.2004.
7. Harzhauser, M., Daxner-Hock, G., Gohlich, U.B. & Nagel, D., 2011. Complex faunal mixing in the early Pannonian palaeo-Danube Delta (Late Miocene, Gaweinstal, Lower Austria). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 113 (A): 167-208.
8. Țibuleac P. Paleontologia nevertebratelor sistematică – ghid practic. Vol. I. Ed. Tehnoespress. Iași, 2005.
9. Kowalke T. and Harzhauser M. Early ontogeny and palaeoecology of the Mid–Miocene rissoid gastropods of the Central Paratethys. Acta Palaeontologica Polonica 49 (1): 111–134, 2004.
10. Popov et al. Middle - Late Miocene (late Serravallian, Sarmatian s.s., middle Sarmatian s.l.), 2004.
11. Tămaș Dan Mircea, Tămaș Alexandra, Popa Mirela Violetta. Early Sarmatian (Middle Miocene) Molluscs from Răcăștia (Romania). Acta palaeontologica Romaniae V. 9 (1), p. 67-81.
12. Бобринская О.Г. Комплексы фораминифер в отложениях сармата Молдавии. Биостратиграфия антропогена и неогена юга-запада СССР. Из-во «Штиинца», Кишинев, 1981.

13. Бобринская О.Г. Статолиты мизид сармата Молдавии. АРМ ССР Институт геофизики и геологии. Из-во «Штиинца», Кишинев, 1987. стр. 52
14. Бобринская О.Г. Комплексы фораминифер сарматских отложениях (по материалам бурения) Молдавии. Buletinul IGS al ASM, 2011, Nr.2. ISSN 1857-0046. Chișinău, ed. „Elena-V-I”. p. 58.
15. Бобринская О.Г. Распределение фораминифер в сарматских отложениях Молдавской плиты. Buletinul IGS al ASM, 2014, Nr.1. ISSN 1857-0046. Chișinău, ed. „Elena-V-I”. p. 85-93.
16. Геология СССР Том XLV. Из-во «Недра» Москва 1969.Глава VI Тектоника стр. 237-244.
17. Давиташвили Л.Ш. Курс палеонтологии. Гос. Из-во. Геол. Литературы Министерства Геологии СССР, Москва 1949 Ленинград, сс 225-277.
18. Колесников В.И. Палеонтология СССР. Сарматские моллюски. Из-во. АН СССР, Ленинград 1935.
19. Невеская Л.А. и др., Ускоренная эволюция моллюсков Восточного Паратетиса в условиях пониженной конкуренции. УДК 575.86 (564.1+564.3):551.78., стр. 334-359.
20. Отчет о результатах комплексного геологического, гидрогеологического, инженерно-геологического доизучения площадей и геоэкологического картирования масштаба 1:200000 листов М-35-XXXIII; XXXIV; XXXV в пределах территории РМ. 4.2.6.Неогеновая система (N) стр. 137.

Primit la redactie – 28 decembrie 2016

УДК 624.131(476)

Богдевич О.П., Исичко Е.С.

Инженерно-геологическое районирование города Кахула

Abstract

Results of engineering geology zoning for the creation of seismic microzoning map of Cahul town are presented. The methodology of engineering geology mapping and characterization of territory is discussed. GIS technology and geo-database creation were used for the creation of engineering geology zoning map. The general conclusion is that Cahul town is situated in complex engineering geology conditions. Landslides are the principal unfavorable factor for the studied territory (besides high seismicity). Only about 40 % of Cahul territory has favorable condition for the design of engineering objects.

Keywords: *engineering geology zoning, geological mapping, GIS technology.*

Rezumat

Sunt prezentate rezultatele zonării inginer-geologice pentru crearea hărții de microzonare seismică a orașului Cahul. Este discutată metodologia de cartografiere și caracterizare inginer-geologică a teritoriului. Tehnologia GIS și crearea bazei de date geospațiale a fost utilizată pentru elaborarea hărții de zonare inginer-geologică. Concluzia generală este că orașul Cahul se află în zona cu condiții inginer-geologice complexe. Alunecările de teren sunt un factor principal nefavorabil pentru acest teritoriu (după seismicitatea înaltă). Numai aproape 40% din orașul Cahul prezintă condiții favorabile pentru proiectarea și construcția obiectelor ingineresti.

Cuvinte cheie: *zonarea inginer geologică, cartarea geologică, tehnologia GIS.*

Резюме

В статье приводятся результаты инженерно-геологического районирования для создания карты сейсмического микрорайонирования города Кахула. Обсуждается методика инженерно-геологического картирования и характеристики территории. Для создания карты инженерно-геологического районирования использовались технология ГИС и база данных геологической информации. После выполнения этих работ обобщен вывод заключается в том, что город Кахул находится в сложных инженерно-геологических условиях. Оползни являются основным неблагоприятным геологическим фактором для изучаемой территории (после высокой сейсмичности). Только около 40% территории Кахула можно отнести к благоприятным зонам для проектирования различных инженерных объектов.

Ключевые слова: *инженерно-геологическое районирование, геологическое картирование, технологии ГИС.*

Введение

Ущерб в результате опасных геологических процессов таких, как высокая сейсмичность, оползни, эрозия в последние десятилетия продолжает увеличиваться. Это связано с демографическими факторами и несоответствующим

управлением промышленных и городских территорий. Карты оценки опасности и рисков от различных природных и техногенных факторов являются одним из основных инструментов разработки плана развития населенных пунктов и предотвращения последствий их возникновения. Технологии ГИС широко используются в настоящее время для оценки геологических опасностей и связанных с ними рисков. [1-4]. Методика составления карт инженерно-геологического районирования и соответствующие нормативные документы разработаны и широко используются для создания планов развития населенных пунктов [5, 6, 9].

В настоящей статье рассматривается пример создания карты инженерно-геологического районирования города Кахула для целей сейсмического микрорайонирования. Этот населенный пункт находится в зоне 8 балльной сейсмической активности и здесь необходимо учитывать воздействие этого неблагоприятного фактора при проектировании различных объектов. Инженерно-геологическая характеристика территории является важным этапом создания карты сейсмического микрорайонирования. Оценка геотехнических условий включает в себя информацию о геоморфологии, геологическом разрезе, уровне грунтовых вод, наличии неблагоприятных геолого-геофизических процессов, свойствах грунтов.

При создании карты инженерно-геологического районирования были решены следующие задачи:

- сбор и обобщение фондовых данных геологической и геотехнической информации;
- подготовка информации для выполнения площадного моделирования геотехнических свойств горных пород;
- создание специальных слоев и построение карты инженерно-геологических условий;
- построение карты инженерно-геологического районирования;
- выделение и характеристика геотехнических элементов.

В этих работах были использованы материалы инженерно-геологических работ прошлых лет для проектирования различных объектов, а также предыдущий отчет по сейсмическому микрорайонированию города [8]. Всего были собраны данные из 64 отчетов геологического фонда архитектурного управления города Кахула. В базу данных для геотехнической характеристики территории вошла информация по 550 скважинам [7].

Методика проведения работ

Исходная геологическая информация вносилась в специально разработанные таблицы в формате программы Excel. Были разработаны две таблицы. Первая дает общую характеристику каждой скважины: ее координаты, абсолютную отметку, дату бурения, глубину, уровень грунтовых вод, тип просадочности, угол наклона склона и краткую геоморфологическую характеристику ее местоположения и др. Вторая таблица содержит данные о геологическом разрезе, литологии пород, стратиграфии, глубине и мощности различных слоев, данные о физико-механических свойствах.

Выделение геотехнических элементов производилось по нормативным

документам. Грунты в пределах выделенных геологических тел характеризовались сходным составом и свойствами. Статистическая обработка показателей свойств горных пород выполнялась при помощи стандартных программных продуктов (Excel).

При построении карты инженерно-геологического районирования и выделении соответствующих зон учитывались следующие факторы: геоморфология, геологическое строение, литология, физико-механические свойства грунтов, гидрогеологические условия. В начале границы инженерно-геологических зон были определены с учетом геоморфологических условий, далее были выделены зоны с различным геолого-литологическим строением. В основу выделения геотехнических зон положены принципы, изложенные в специальной литературе и нормативных документах [5, 6, 8]. Все построения выполнялись в национальной системе координат Moldref99.

Результаты и обсуждение

Согласно нормативным документам (СНиП 1.02.07-87, Таблица 3.1) [9] число точек наблюдений для геотехнической съемки масштаба 1:10000 при второй категории сложности геотехнических условий должна соответствовать следующим требованиям: количество точек наблюдений на 1 км² – 30, в том числе скважин 11; расстояние между скважинами не должно превышать 300 м. Среднее количество скважин на 1 км² по всему городу составляет около 39. Однако распределение скважин по площади неравномерно. В районах города, где плотность скважин была небольшой, геологические и геотехнические построения были выполнены по методу аналогий и интерполяции.

Карта инженерно-геологического районирования (рис. 1) учитывает геоморфологические особенности территории, геологическое строение и свойства грунтов. Всего выделено девять инженерно-геологических районов в пределах четырех основных форм рельефа. Краткая характеристика геотехнических зон представлена в таблице 1.

I - Аккумулятивные равнины:

I-1 – долина р. Прут; I-2 – долины притоков р. Прут.

II - Денудационные равнины:

II-1 – водораздельные пространства, вторая терраса р. Прут, (правый берег р. Фрумоаса); II-2 – водораздельные пространства, вторая терраса р. Прут, (левый берег р. Фрумоаса); II-3 - водораздельные пространства, плиоценовые террасы р. Прут;

III - области развития неблагоприятных геологических процессов:

III-1 – денудационные склоны с уклоном более 6 град, с развитыми оползневыми и эрозионными процессами; III-2 – денудационные склоны с уклоном более 6 град, неблагоприятные процессы отсутствуют; III-3 – денудационные склоны с уклоном менее 6 град.

IV – техногенные территории.

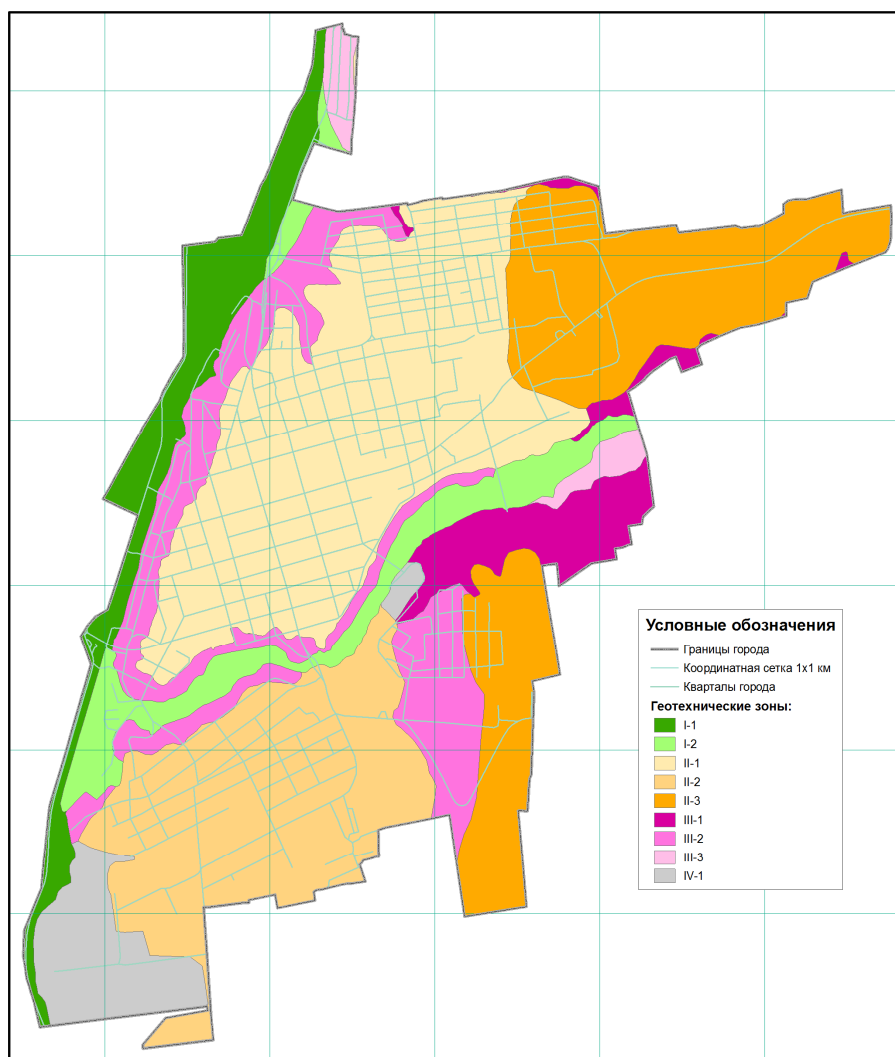


Рис. 1. Геотехническое районирование города Кахула.

Зоны I-1, I-2 являются условно-благоприятным для размещения строительных объектов и расположены на первой надпойменной террасе (высокая пойма) реки Прут и пойме ручья Фрумоаса. Площадь этого района составляет $1,0 \text{ км}^2$. Пойма реки Прут образует широкое и ровное поле, ограниченное с востока крутой бровкой второй террасы. Пойма ручья Фрумоаса узкая, достигает ширины около 150 м, площадь этой зоны составляет $0,77 \text{ км}^2$. В этих зонах в верхней части геологического разреза преобладают аллювиальные отложения, представленные суглинками, супесями песками с большим содержанием органики. Аллювиальные грунты подстилаются глинами Понтического яруса. Эти зоны относятся к затопляемым территориям и характеризуются близким залеганием уровня грунтовых вод.

Таблица 1. Характеристика геотехнических зон города Кахула к карте геотехнического районирования.

Форма рельефа	Индекс района	Геоморфологический элемент	Геолого-литологическая структура:
			1 – четвертичные отложения; 2- коренные породы
Аккумулятивные равнины	I-1	Долина р. Прут	1 – аллювиальные глины, песчано-глинистые отложения, пески обогащенные органикой, насыщенные водой; 2 – неогеновые глины. Уровень грунтовых вод менее 5,0 м
	I-2	Долины притоков р. Прут	1 – аллювиальные глины, песчано-глинистые отложения, пески обогащенные органикой, насыщенные водой; 2 – неогеновые глины. Уровень грунтовых вод менее 5,0 м.
Денудационные равнины	II-1	Водораздельные пространства, вторая терраса р. Прут.	1 – лессовидные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, макропористые, мощностью более 20 м.; 2 – неогеновые глины. Уровень грунтовых вод более 15,0 м.
	II-2	Водораздельные пространства, вторая терраса р. Прут.	1 – лессовидные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, макропористые, мощностью более 20 м.; 2 – неогеновые глины. Уровень грунтовых вод более 15,0 м.
	II-3	Водораздельные пространства, плиоценовые террасы р. Прут	1 – лессовидные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, макропористые, мощностью до 10 м.; 2 – неогеновые песчано-глинистые породы. Уровень грунтовых вод более 15,0 м.
Области развития неблагоприятных геологических процессов.	III-1	Денудационные склоны более 6 град оползни и эрозионные процессы	1 – делювиальные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, рыхлые, различной мощности; 2 – неогеновые песчано-глинистые породы. Уровень грунтовых вод нестабильный, в интервале 2 – 15 м
	III-2	Денудационные склоны с уклоном более 6 град.	1 – делювиальные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, рыхлые, различной мощности; 2 – неогеновые песчано-глинистые породы. Уровень грунтовых вод нестабильный, в интервале 2 – 15 м
	III-3	Денудационные склоны с уклоном менее 6 град;	1 – лессовидные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, макропористые, мощностью 10 - 20м.; 2 – неогеновые песчано-глинистые породы. Уровень грунтовых вод изменяется в пределах 5 – 15 м.
Техногенные территории	IV-1	Техногенные территории	1 – лессовидные суглинки (средние, легкие), супеси, твердые, макропористые, пески насыпные грунты различной мощности, искусственные выемки; 2 – неогеновые песчано-глинистые породы. Уровень грунтовых вод изменяется в пределах 5 – 15 м

Водораздельное пространство, вторая и плиоценовая террасы р. Прут (зоны II-1,2,3) занимают наибольшую площадь: II-1 – 3,76 км²; II-2 – 2,43 км²; II-3 – 2,65 км². Здесь расположена большая часть города Кахула. Ручей Фрумоаса делит террасовую равнину на две части, которые несколько отличаются мощностью четвертичных отложений и положением цоколя террасы. Грунтовые воды залегают на глубинах более 15 м, достигая значений 22 – 25 м. На водораздельном пространстве в пределах зоны II-3 грунтовые воды залегают более неравномерно. Здесь их глубина изменяется от 8 до 20 м и глубже. Поверхностные отложения представлены лессовидными макропористыми суглинками и супесями, твердой консистенции. Мощность этого слоя составляет 10 – 15 м, иногда и более. Нижний слой состоит из аллювиальных песчано-глинистых отложений: суглинки, супеси, пески, песчано-галечниковые отложения.

Мощность всей толщи четвертичных отложений неравномерна. На северо-востоке зоны II-1 отмечается уменьшение мощностей четвертичных пород. На юго-востоке этой зоны расположена впадина цоколя террасы, где мощность четвертичных пород составляет более 40 м. Южнее долины ручья Фрумоаса мощность четвертичных отложений более равномерная, и колеблется в пределах глубин 24 – 26 м. Их мощность несколько увеличивается, до 31 м, на участке, примыкающем к левому борту долины ручья.

Второй геологический комплекс представлен коренной песчано-глинистой толщей новороссийского подъяруса понта. Литологический состав этих пород представлен глинами с прослоями песков.

В пределах этих зон выделяются участки с различным типом грунтовых условий по просадочным свойствам. Зоны второго типа по просадочности занимают центральные части зон II-1 и II-2. Первый тип грунтов по просадочности занимает периферию этих зон.

Зона II-3 располагается в пределах эрозионного склона и плиоценовой поверхности выравнивания. Эта зона отличается от предыдущих зон меньшими мощностями лессовидных отложений (около 10 м) и наличием только первого типа грунтовых условий по просадочности. Мощность четвертичных отложений изменяется в пределах 16 – 33,5 м. Второй комплекс представлен средне- и верхнеплиоценовыми глинами и песками.

Зоны II-1 и II-2 в пределах участков с просадочностью второго типа являются условно-благоприятными для строительства. Остальные участки зон II-1, II-2 и II-3 относятся к благоприятным.

Области развития неблагоприятных геологических процессов (зоны III-1,2,3) располагаются на крутых склонах долин реки Прут и ручья Фрумоаса. Площадь этих зон относительно небольшая: зона III-1 – 0,66 км²; III-2 – 1,66 км²; III-3 – 0,23 км². В пределах этих территорий уклон поверхности составляет более 6 град. В зонах III-1 и III-2 выделяются участки с уклонами более 15 градусов, которые наиболее опасны с точки зрения образования оползней и оврагов.

Оползневые процессы, в основном, развиты в пределах зоны III-1, которая расположена на левом склоне ручья Фрумоаса. Здесь более интенсивно поражена оползнями нижняя часть склонов, где близко к поверхности залегают глинистые породы Понтического возраста. На контакте глин и вышележащих пород скапливаются грунтовые воды, которые создают условия для образования оползней. В зоне плоскостей скольжения оползней грунты находятся в пластичном состоянии, а в оползневых телах в твердом и полутвердом состоянии.

Зона III-1 относится к неблагоприятным территориям для строительства. Зоны III-2 и III-3 можно отнести к условно благоприятным. Здесь возможно строительство при выполнении противооползневых и противоэрозионных мероприятий.

Техногенные территории характеризуются рельефом, сильно измененным в результате хозяйственной деятельности человека. К этим территориям относится промышленная зона на юге города на границе с поймой р. Прут и район санатория, где выполнены значительные земляные работы по подрезке склона и созданию насыпных территорий. Здесь возможно наличие насыпных грунтов значительной мощности (более 2,5 м), что является неблагоприятным для строительства фактором. Уровни грунтовых вод залегают сравнительно неглубоко. Следует отметить, что зона на юге города находится на границе с потенциально затопляемой поймой р. Прут, а район санатория примыкает к оползнеопасным склонам.

В пределах выделенных инженерно-геологических районов горные породы, были выделены в геотехнические элементы по их происхождению и физико-механическим свойствам. В пойменной части (зоны I-1, I-2) реки Прут и ручья Фрумоаса выделяется три инженерно-геологических элемента: супесь пластичная, суглинок пластичный и глина пластичная.

Четвертичные отложения водораздельных плато и террасы р. Прут представлены суглинками и супесями твердой консистенции, которые обладают просадочными свойствами. Тип грунтовых условий по просадочности зависит от величины просадки и мощности просадочной толщи. Эти лессовидные грунты характеризуются высокой пористостью и наличием водорастворимых связей между частицами грунта. Территории с первым типом просадочности в пределах города Кахула занимают общую площадь 4,8 км². Второй тип просадочности также занимает 4,8 км². Таким образом, общая площадь просадочных грунтов составляет 9,6 км², что составляет около 69 % от всей территории города. Ниже уровня грунтовых вод эти грунты находятся в пластичной консистенции.

На границе с цоколем террасы могут залегать пески различного состава от пылеватых, до мелких и средних. Они преимущественно средней и высокой плотности сложения.

Грунты оползневых тел деформированы и находятся преимущественно в твердом состоянии. Грунты вдоль поверхностей скольжения, как правило, в пластичном и туго-пластичном состоянии. Поверхность оползневых участков неровная и частыми трещинами различного размера. Некоторые оползневые тела находятся в стабильном состоянии, которое может быть нарушено в результате внешнего воздействия: инженерная деятельность, сильные землетрясения, водообильные периоды года с интенсивными атмосферными осадками.

Выводы

В результате анализа геотехнических условий г. Кахула можно заключить, что населенный пункт находится в сложных геотехнических условиях. Это утверждение подтверждается следующими выводами:

1. в пределах изучаемой территории выделяется девять геотехнических зон, которые отличаются между собой по геоморфологическим условиям, геологическому разрезу, проявлению различных физико-геологических процессов и свойствам горных пород;

2. неблагоприятной для строительства в геотехническом отношении является зона III-1, где развиты оползневые и эрозионные процессы;
3. условно-благоприятными являются крутые склоны (зоны III-2, III-3), где возможно проектирование и строительство после выполнения специальных противооползневых и противоэрозионных мероприятий;
4. условно-благоприятными являются территории со вторым типом грунтовых условий по просадочным свойствам в пределах геотехнических зон II-1 и II-2;
5. зоны долин р. Прут и ручья Фрумоаса (зоны II-1 и II-2), также являются условно-благоприятными из-за близкого залегания уровня грунтовых вод и опасности затопления и подтопления этих территорий;
6. условно-благоприятными являются и зоны техногенного воздействия на геологическую среду, а также территории старого города, где присутствуют старинные подвалы.
7. благоприятными для строительства являются участки зон II-1 и II-2 с первым типом по просадочным свойствам, а также зона II-3 на расстоянии более 200 м от оползнеопасных склонов.

Литература

1. Hayne, M., Michael-Leiba, M., Gordon, D., Lacey, R. & Granger, K. 2002. Geoscience Cities project, Chapter 7: Landslide Risks (<http://www.AGSO.gov.au>).
2. Jibson, R.W., Harp, E.L. & Michael, J.A. 2000, A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps: Engineering Geology, 58: 271-289.
3. Sassa, K., Wang, G., Fukuoka, H., Wang, F., Ochiai, T., Sugiyama, M. & Sekiguchi, T. 2004. Landslide risk evaluation and hazard zoning for rapid and long-travel landslides in urban development areas". Landslides, 1: 221-235.
4. Van Westen, C.J. 2004. Geo-information tools for landslide risk assessment: an overview of recent developments. In W. A. Lacerda, M. Ehrlich, S.A.B. Fontoura & A.S.F. Sayao (eds). Landslides: evaluation and stabilization. Vol. 1: 39-56. A.A. Balkema Publishers.
5. Осипов В.И., Бузова В.Н., Зайканов В.Г. и др. (2011) Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, №. 4, стр. 306-318.
6. Севастьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А. и др. (2011) Сейсмическое микрорайонирование территории г. Москвы для высотного строительства. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, №. 4, стр. 319-327.
7. Алказ В.Г., Исичко Е.С., Богдевич О.П. (2013) Отчет Сейсмическое микрорайонирование территории города Кахула. Институт Геологии и Сейсмологии, Кишинев, 130 стр.
8. Саянов В.С., Богуславский Ф.М., Ганебная А.Ф. и др. (1974) Отчет "Сейсмическое микрорайонирование территории города Кахула", Институт Геофизики и Геологии, (рукопись) Кишинев, 130стр.
9. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства. Москва, 1987, 104 стр.

Primit la redactie – 1 decembrie 2016

УДК 550.343

Исичко Е.С., Алказ В.Г., Богдевич О.П.

Геолого-геофизическое моделирование на стадии сейсмического микрорайонирования г. Кахула

Abstract

The paper deals with geological and geophysical modeling of the ground media as a result of studying the distribution of various soils and their elastic properties in Cahul city. The created model of the medium allowed the calculation of expected seismic oscillations anywhere in the city. As a result of modeling it was found that the waves resonance effects in the soil are small and insufficient to form a seismic intensity increments due to that phenomena.

Keywords: *elastic properties, modeling, resonance effects, seismic intensity increment.*

Rezumat

In lucrare sunt tratate problemele modelării geologo-geofizice ale solului în rezultatul studiului distribuției diferitor soluri și proprietăților lor elastice în or. Cahul. Modelul creat permite predicția undelor seismice în orice punct al teritoriului orașului. Ca urmare a modelării s-a constatat că efectele de rezonanță din sol sunt mici și în mod clar insuficiente pentru a forma un increment de intensitate seismică datorită acestui fenomen.

Cuvinte cheie: *proprietăți elastice, modelare, efecte de rezonanță, increment de intensitate seismică.*

Резюме

В статье рассмотрены вопросы геолого-геофизического моделирования среды по результатам изучения распространения различных рыхлых грунтов и их упругих свойств в г.Кахуле. Созданная модель среды позволила рассчитать прогнозные сейсмические колебания в любой точке города. В результате моделирования установлено, что резонансные эффекты волновых процессов в грунтах незначительны и явно недостаточны для образования приращений балльности за счет резонанса.

Ключевые слова: *упругие свойства, моделирование, резонансные явления, приращения балльности.*

Введение

Прогноз колебаний грунта под воздействием сейсмических волн для задач сейсмического микрорайонирования может быть сделан с помощью теоретических расчетов путем моделирования геометрических и упругих свойств среды. Для этих целей здесь был использован метод расчета волн в горизонтально-слоистых средах, разработанный Хаскеллом, и развитый для случая наклонного падения волн Ратниковой [1]. Метод был рекомендован в качестве обязательного при проведении сейсмического микрорайонирования [2].

Методом тонкослоистых сред решается двухмерная задача распространения плоских объемных волн в неупругой пачке слоев со свободной верхней границей, подстилаемой упругим полупространством. Из полупространства на нижнюю границу под произвольным углом падает SH-волна произвольной формы (в целях упрощения задачи расчеты проведены только для наиболее интенсивной поляризованной компоненты поперечной волны).

Упругие свойства грунтов г. Кахула

Сейсмический эффект, наблюдаемый на поверхности, непосредственным образом зависит от упругих свойств грунтов. Основными параметрами, определяющими упругие свойства, являются плотность и скорость распространения волн.

Из 550 скважин, имеющих в базе данных по Кахулу, 141 – содержит сведения о плотности грунтов. Измерения плотностей охватывают диапазон глубин от 0 до 45 м. Плотности измерялись преимущественно для четвертичных отложений – суглинков, супесей, песков и глин, реже для неогеновых глин (N₂p). Для всех пород налицо явно выраженная тенденция роста плотности с глубиной залегания породы. Корреляция плотности с глубиной залегания указанных пород представлена на рис. 1. На рисунке также показаны регрессионные аппроксимации в виде логарифмической функции для каждого из полей корреляции. Анализ корреляционных зависимостей показывает, что распределения плотностей имеет достаточно большую дисперсию и тем самым низкий коэффициент корреляции ($r = 0,5 \div 0,58$).

Существующий объем данных по Кахулу позволяет проследить общие закономерности распределения плотностей с глубиной, но его явно недостаточно для детализации распределений внутри каждой из предварительно выделенных инженерно-геологических зон. При описании зависимостей плотности от глубины залегания для различных инженерно-геологических зон за основу были взяты региональные соотношения, полученные при микрорайонировании г. Кишинева. В дальнейшем эти соотношения были скорректированы на местные условия Кахула, характеризующиеся более легким составом четвертичных отложений. В разрезе для пород этого возраста преобладают пылеватые пески, супеси и легкие суглинки. Гранулометрический состав характеризуется присутствием значительной доли пылеватой фракции.

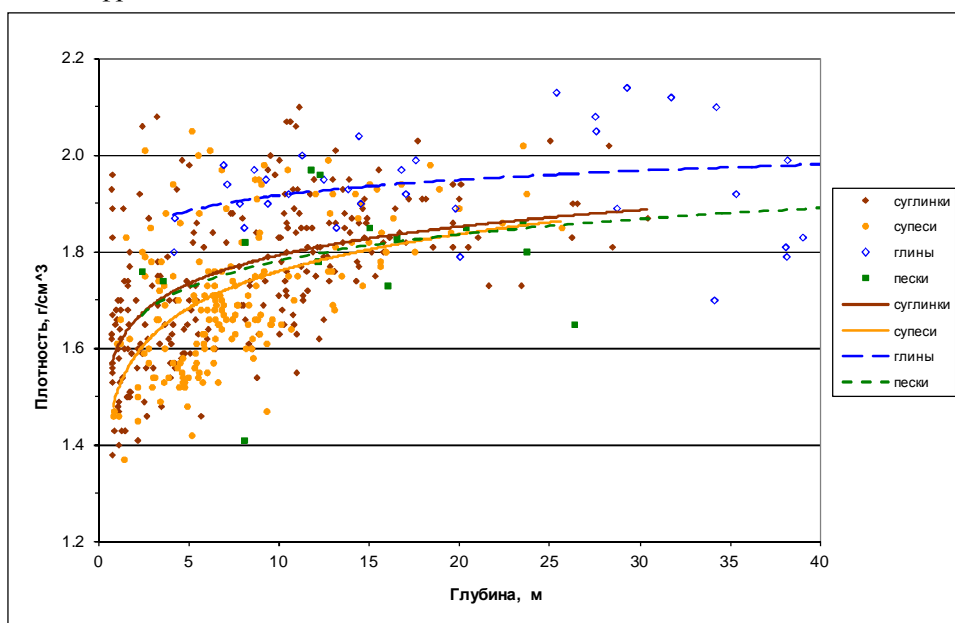


Рис. 1. Корреляции плотности суглинков, супесей, песков и глин с глубиной залегания.

При отсутствии сейсмокаротажных исследований в районе г. Кахула для определения скоростей упругих волн пришлось пользоваться региональными значениями скоростей и результатами метода сейсмических жесткостей, применявшимся в 24 пунктах Кахула в 70^х годах прошлого века. Региональные значения были получены преимущественно в районе г. Кишинева, где сосредоточены 118 сейсмокаротажных скважин. По результатам измерения скоростей методом сейсмических жесткостей и данным лабораторных анализов было проведено обобщение упругих свойств грунтов территории г. Кахула. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Обобщенные упругие свойства грунтов территории г. Кахула.

Тип грунта	V_p , м/с	V_s , м/с	$K=V_p/V_s$	ρ , г/см ³	Глубина, м	Количество измерений
Почвенно-растительный слой	230	130	1,8	1,44	0,7	18
Насыпной грунт	225	130	1,76	1,43	0,75	3
Суглинки сухие	275	165	1,77	1,58	1,5	17
	350	215	1,65	1,61	3,4	9
	390	280	1,57	1,73	7,5	14
	460	300	1,60	1,83	11,5	5
Супеси сухие	290	170	1,88	1,54	1,6	4
	340	210	1,63	1,55	4,0	13
	410	280	1,61	1,6	6,9	11
	520	290	1,66	1,65	12,4	4
Супеси ниже УГВ	1550	160	9,48	1,60	4,5	2
Пески сухие	480	330	1,56	1,73	11,6	2
Песчано-глинистая толща	445	–	–	1,71	12,2	2
Галечники сухие	610	285	2,15	2,13	4,7	2
Глины сухие	1100	280	4,4	1,95	7,1	2
	650	340	1,78	1,73	12,4	2
Глины ниже УГВ	2150	245	8,78	1,9	11,2	2

Примечание: в таблице приведены средние значения величин.

Скорости распространения волн лучше всего рассматривать в зависимости от плотности пород. В этом случае зависимости имеют более универсальный и стабильный характер. Они менее чувствительны к типу пород. Корреляция скоростей распространения поперечных волн с плотностью грунтов различного состава изображена на рис. 2. Вследствие большой дисперсии исходных данных, коэффициенты корреляции невелики и составляют 0,5 - 0,65 для различных пород. Тем не менее, отчетливо прослеживается тенденция в распределении данных.

Средние значения для различных пород отличаются несущественно, что указывает на возможность прогнозирования средних скоростей распространения поперечных волн на основе обобщенной зависимости от их плотности.

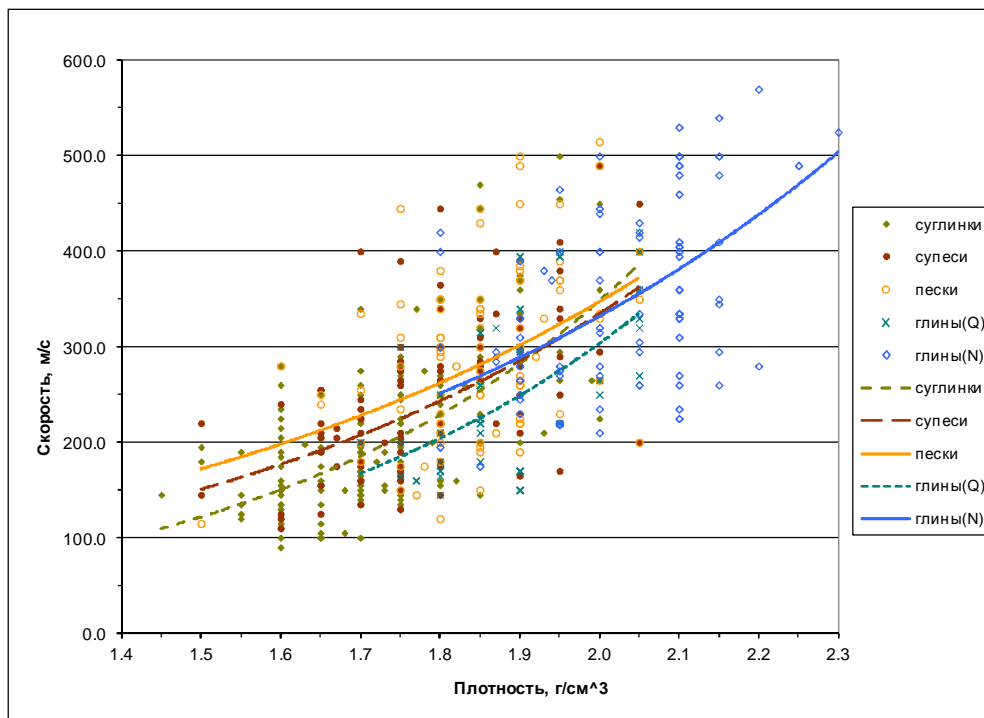


Рис. 2. Корреляции скорости поперечных волн с плотностью различных пород.

Создание геолого-геофизических моделей разрезов

Основной задачей моделирования в данном случае является получение непрерывной трехмерной геолого-геофизической модели грунтов города Кахула. Для этого необходимо знать геометрические параметры распространения отдельных слоев горных пород и их упругих свойств, как по площади, так и с глубиной. Моделирование обычно является вынужденной мерой, вследствие нашего фрагментарного знания геологической среды и базируется поэтому, как правило, на осреднении геометрических и упругих параметров среды. Другими словами, неизбежными атрибутами моделирования являются упрощение геологических разрезов и осреднение упругих свойств горных пород в них. Естественно, что степень расхождения реальных сейсмических эффектов, наблюдаемых на поверхности, от моделируемых всецело объясняется отличиями локальных грунтовых условий от осредненных, используемых в модели.

Руководствуясь изложенными принципами моделирования, и нашими представлениями о распределении геометрических и упругих свойств геологических пород на территории г. Кахула, в качестве геолого-геофизической модели среды для города мы использовали пятислойный разрез:

- 1) необводненные породы четвертичного возраста (Q_{2-4}), находящиеся выше УГВ, мощностью 0–20 м, плотностью 1,5-1,7 г/см³ и скоростью 140-230 м/с;
- 2) обводненные породы четвертичного возраста (Q_{2-4}), находящиеся ниже УГВ, мощностью 0–52 м, плотностью 1,75-1,98 г/см³ и скоростью 220-320 м/с;
- 3) глины слоистые понтического возраста (N_2p), средней мощностью 90 м, плотностью 2,0 г/см³ и скоростью 420 м/с;
- 4) глины плотные мэотисового возраста (N_1s_3-m), средней мощностью 160 м, плотностью 2,1 г/см³ и скоростью 600 м/с;
- 5) известковистые глины и известняки сарматского возраста (N_1s_2), являющиеся скальным основанием для нашей модели, имеющие плотность 2,2 г/см³ и скорость 700 м/с.

Геологическое строение неогеновых отложений в районе Кахула определено по глубоким геологическим скважинам. Строение четвертичных отложений устанавливалось преимущественно по инженерно-геологическим скважинам. Первые два слоя модели имеют переменную мощность и переменные упругие свойства, зависящие от глубины. На рис. 3 показан геологический разрез для г. Кахула и окружающей территории. Карта поверхности скального основания под городом изображена на рис. 4. Карта залегания кровли плотных понтических глин представлена на рис. 5.

Амплитудно-частотные характеристики геолого-геофизических разрезов г. Кахула имеют характерную осциллирующую форму, убывающую по амплитуде с увеличением частоты колебаний. Указанные осцилляции (пики) характеристики связаны в разрезе с определенными границами раздела сред. Чем контрастнее по упругим свойствам граница раздела, тем выше амплитуда пика. Снижение амплитуд характеристик по мере увеличения частоты связано с синхронным ростом затухания сейсмических волн.

Рассмотрим типичную АЧХ для Кахульского разреза (см. рис. 6). Наиболее длиннопериодный пик – это первый резонансный тон от поверхности скального основания, местоположение его на оси частот 0,4-0,5 Гц. Следующий пик – второй резонансный тон от поверхности скального основания (1,1-1,3 Гц). Здесь же в диапазоне до 2 Гц может проявиться пик от подошвы глин понтического возраста. Наибольший интерес для целей микрорайонирования представляет интервал от 2 до 8 Гц, охватывающий диапазон собственных частот зданий города Кахула. Амплитудный уровень характеристик в этом диапазоне определяется соотношением мощностей сухого и водонасыщенного слоев четвертичных отложений.

Амплитудно-частотные характеристики, представленные на рис. 6, рассчитаны для двух крайних случаев глубин скального основания 400 и 300 метров при неизменных верхних слоях четвертичных отложений. Из анализа рисунка видно, что изменение глубины залегания скального основания в максимальных пределах, приводит к незначительному изменению амплитудного уровня АЧХ, не превышающего 10-15 %. При этом наблюдается естественный сдвиг пиков вдоль оси частот (преимущественно в низкочастотной области спектра).

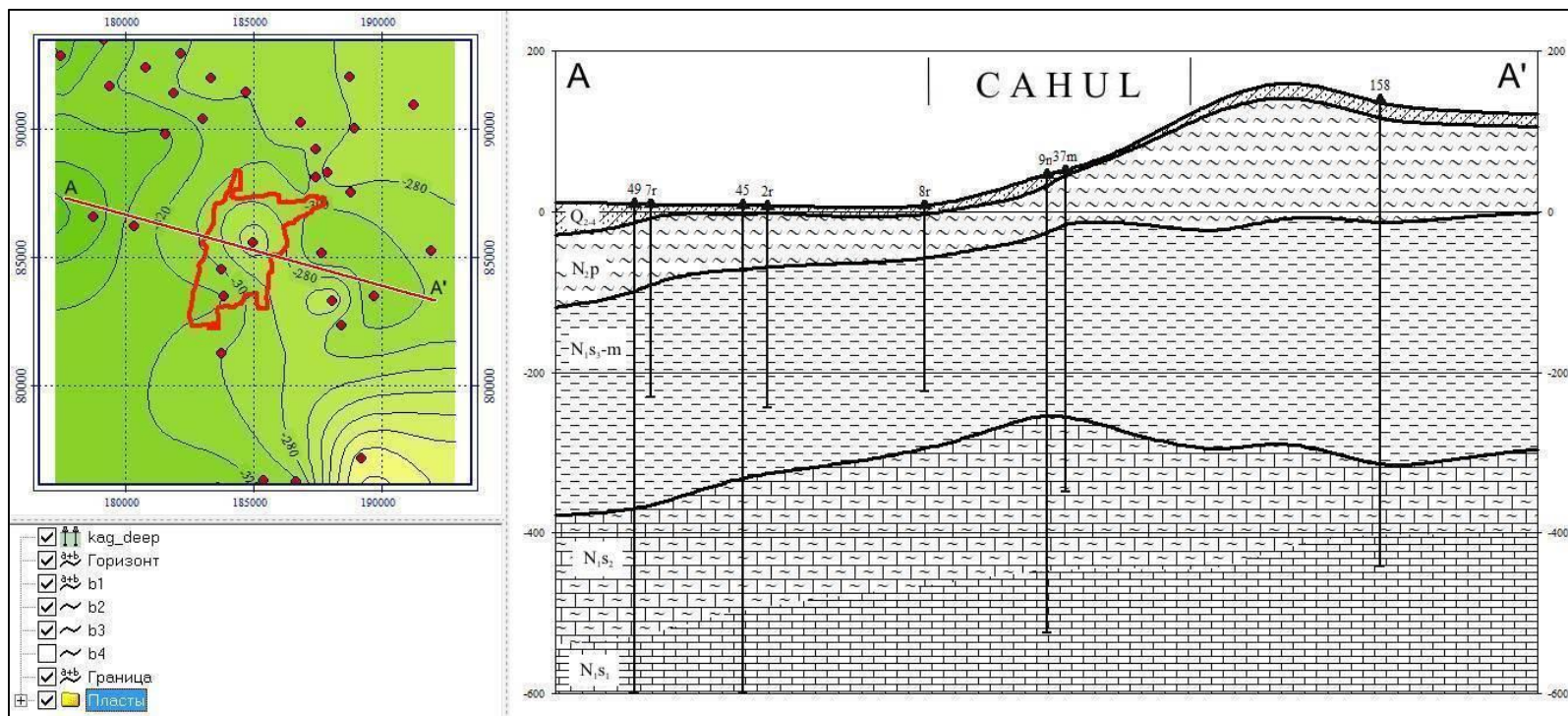


Рис. 3. Геологический разрез по линии А-А'.

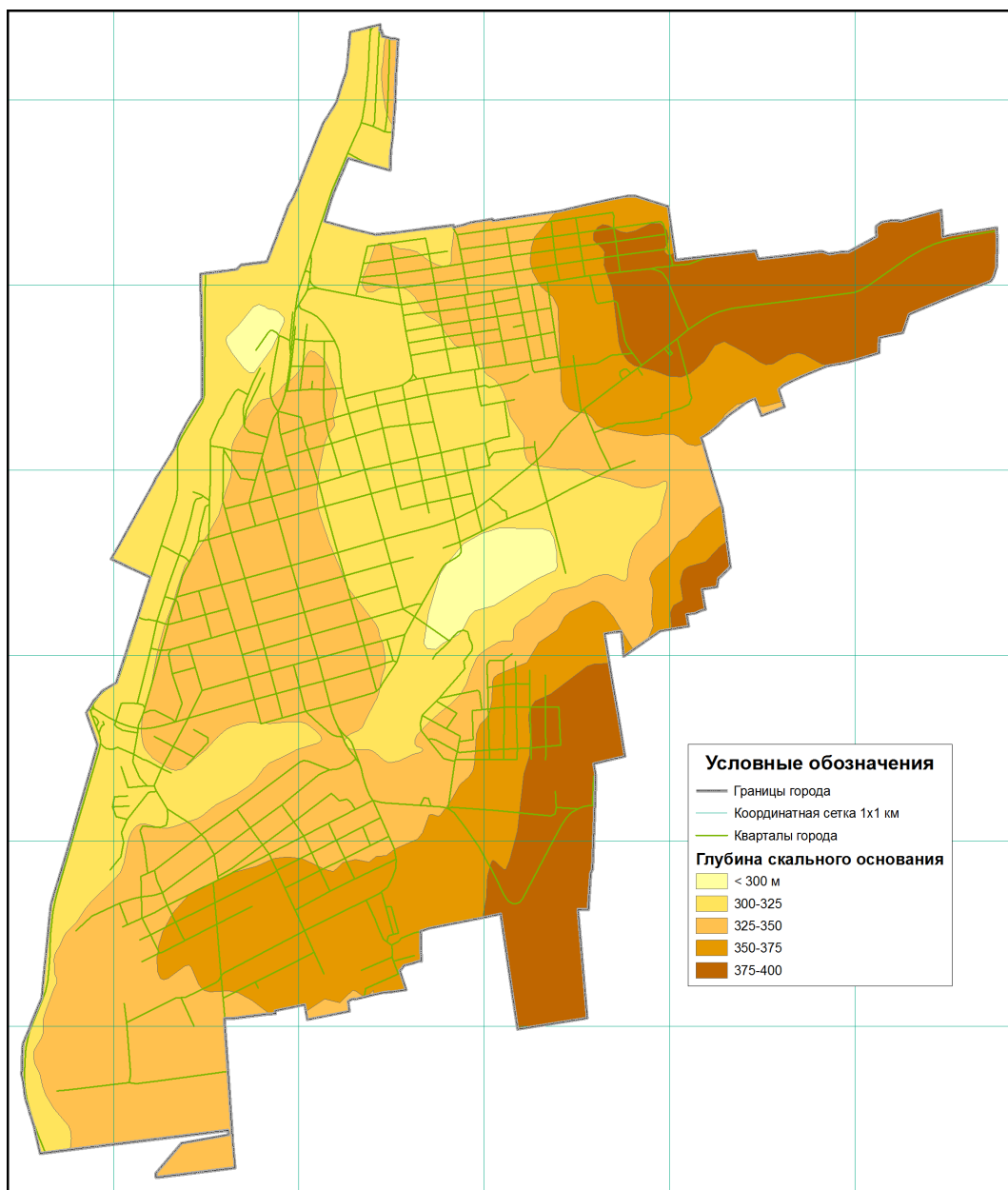


Рис. 4. Глубина поверхности скального основания.

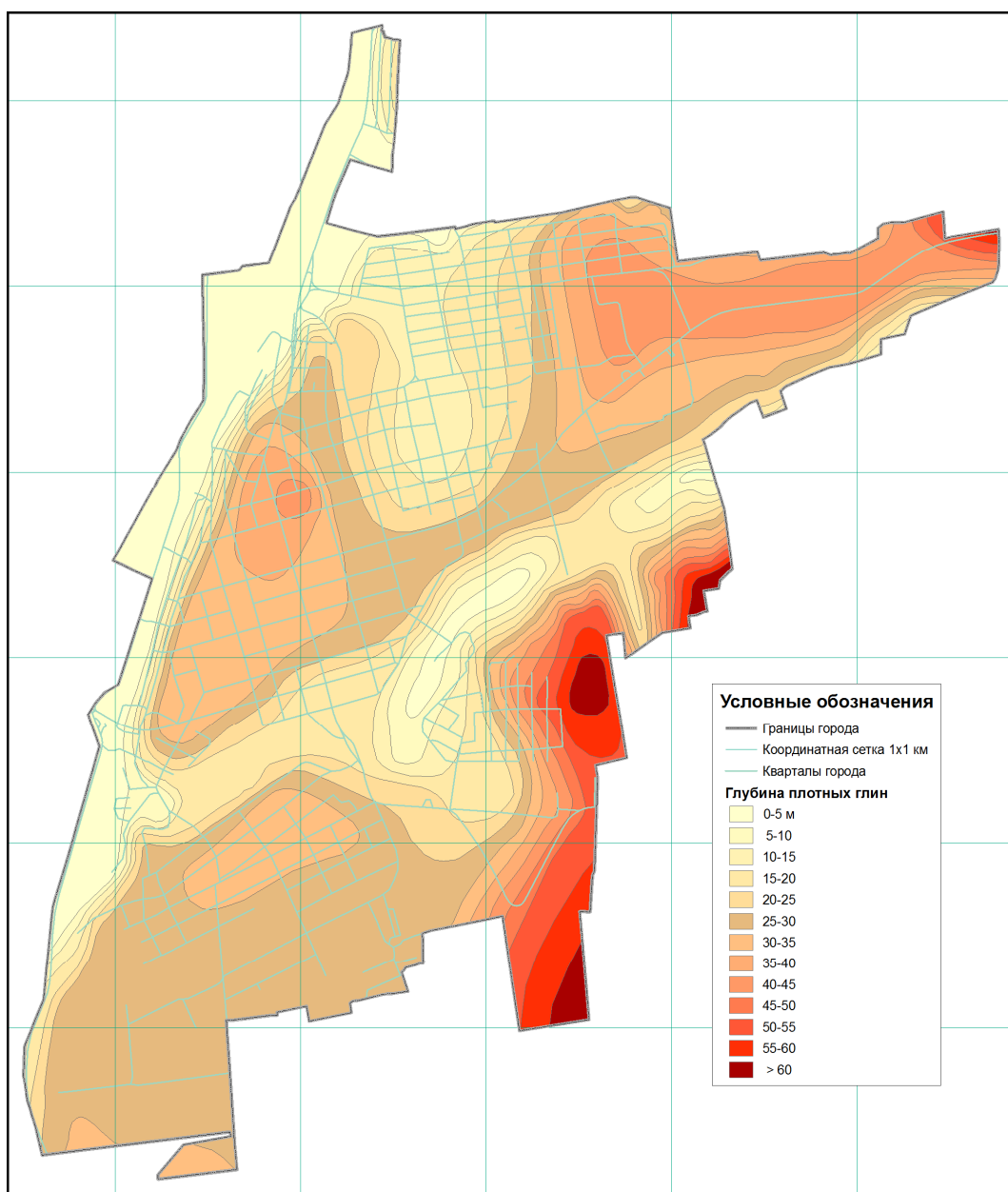


Рис. 5. Глубина залегания плотных понтических глин.

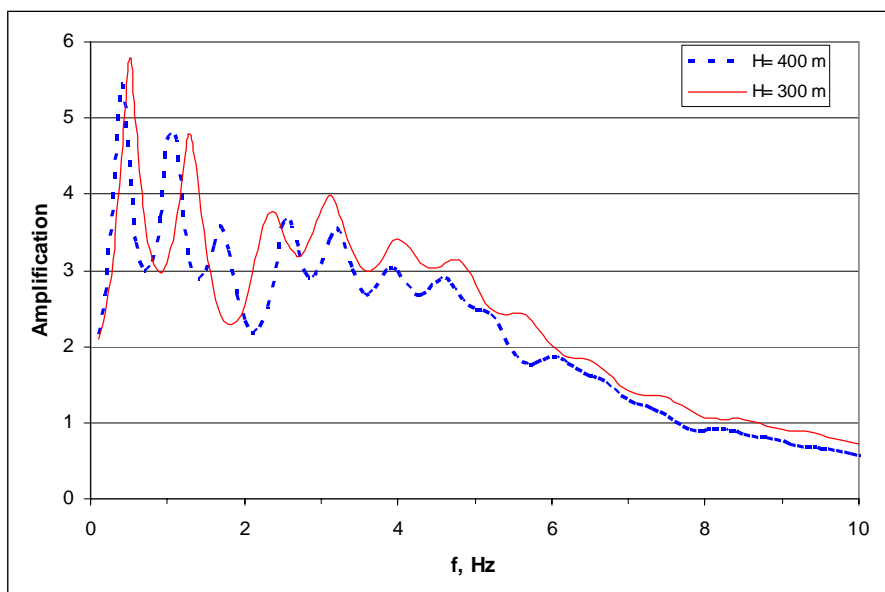


Рис. 6. АЧХ для различных глубин скального основания.

Данный вывод о незначительном влиянии глубинных границ раздела на амплитудный уровень АЧХ позволяет в дальнейшем при моделировании максимально сосредоточиться на изменчивости верхних (четвертичных) слоев разреза, а для описания глубоких слоев пользоваться средними параметрами.

Таким образом, при моделировании геометрические параметры разрезов и их территориальная (плановая) приуроченность определялась по трем предварительно построенным картам:

- глубин залегания плотных понтических глин (рис. 5);
- уровня грунтовых вод;
- инженерно-геологического районирования [3].

Пространственные пересечения однородных площадей каждой из перечисленных карт позволили получить контуры моделируемых полигонов с одинаковыми геометрическими и упругими параметрами среды. Например, полигон {II инженерно-геологическая зона / УГВ 10-15 м / кровля глин 25-30 м} однозначно определяет глубины залегания каждого из пяти слоев модельного разреза, а также их упругие свойства. Процедура выделения однородных модельных полигонов была осуществлена с использованием ГИС. Всего в пределах города было выделено 280 однородных полигонов, что соответствует 81 различным вариантам сочетаний параметров анализируемых карт.

Амплитудно-частотные характеристики, усилительные свойства грунтов

Как указывалось ранее амплитудно-частотные характеристики геолого-геофизических разрезов г. Кахула имеют характерную осциллирующую форму, убывающую по амплитуде с увеличением частоты колебаний. Наиболее интересным для целей микрорайонирования является частотный диапазон от 2 до

8 Гц, амплитудный уровень которого определяется мощностью и упругими свойствами четвертичных отложений. Установление зависимости усилительных свойств грунтов указанного диапазона (среднего амплитудного уровня) от параметров слоев четвертичных отложений и их картирование являлось конечной задачей настоящего геолого-геофизического моделирования.

На рис. 7 представлены амплитудно-частотные характеристики для всего интервала мощностей четвертичных отложений первой геотехнической зоны (от 3 до 28 м). В скобках на рисунке указана мощность водонасыщенного слоя четвертичных отложений. На рис. 8 показаны АЧХ для второй геотехнической зоны с диапазоном мощностей от 8 до 65 м.

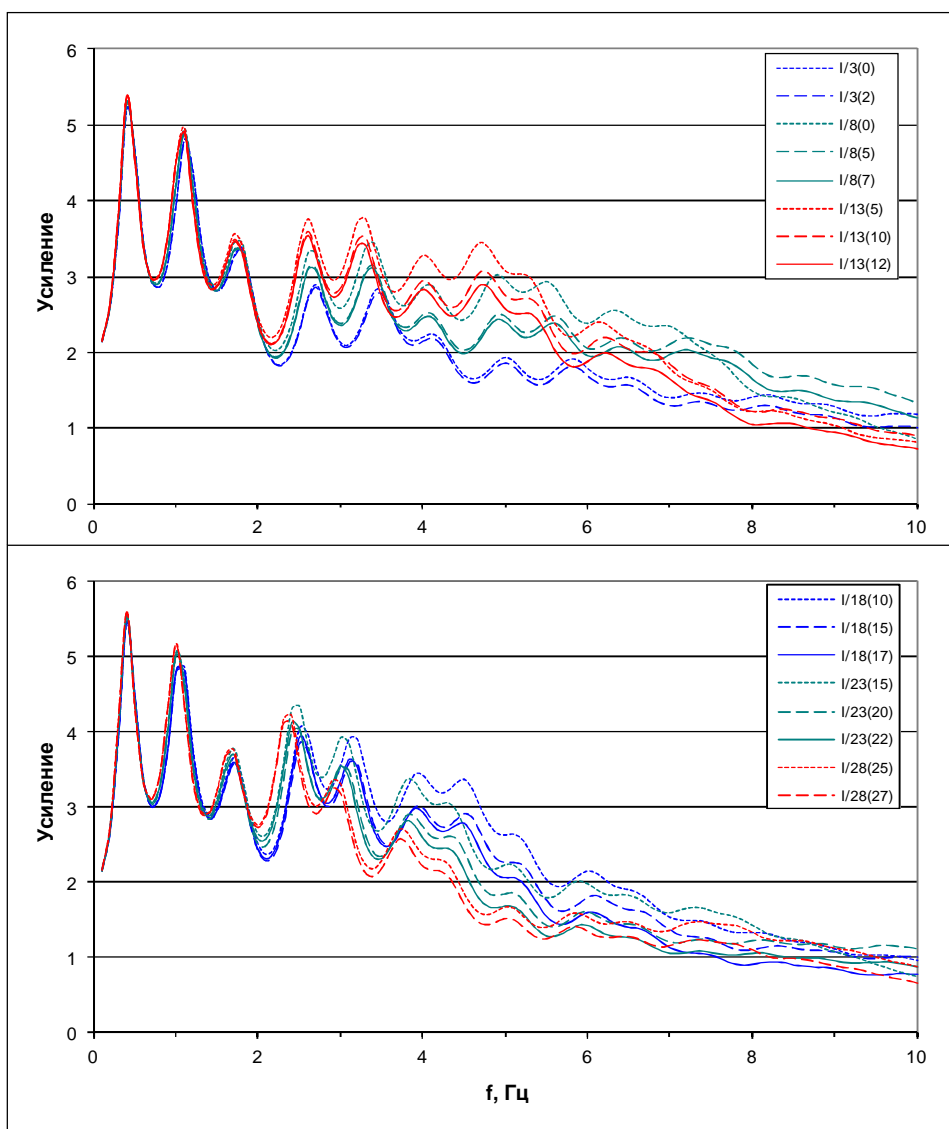


Рис. 7. АЧХ для первой геотехнической зоны.

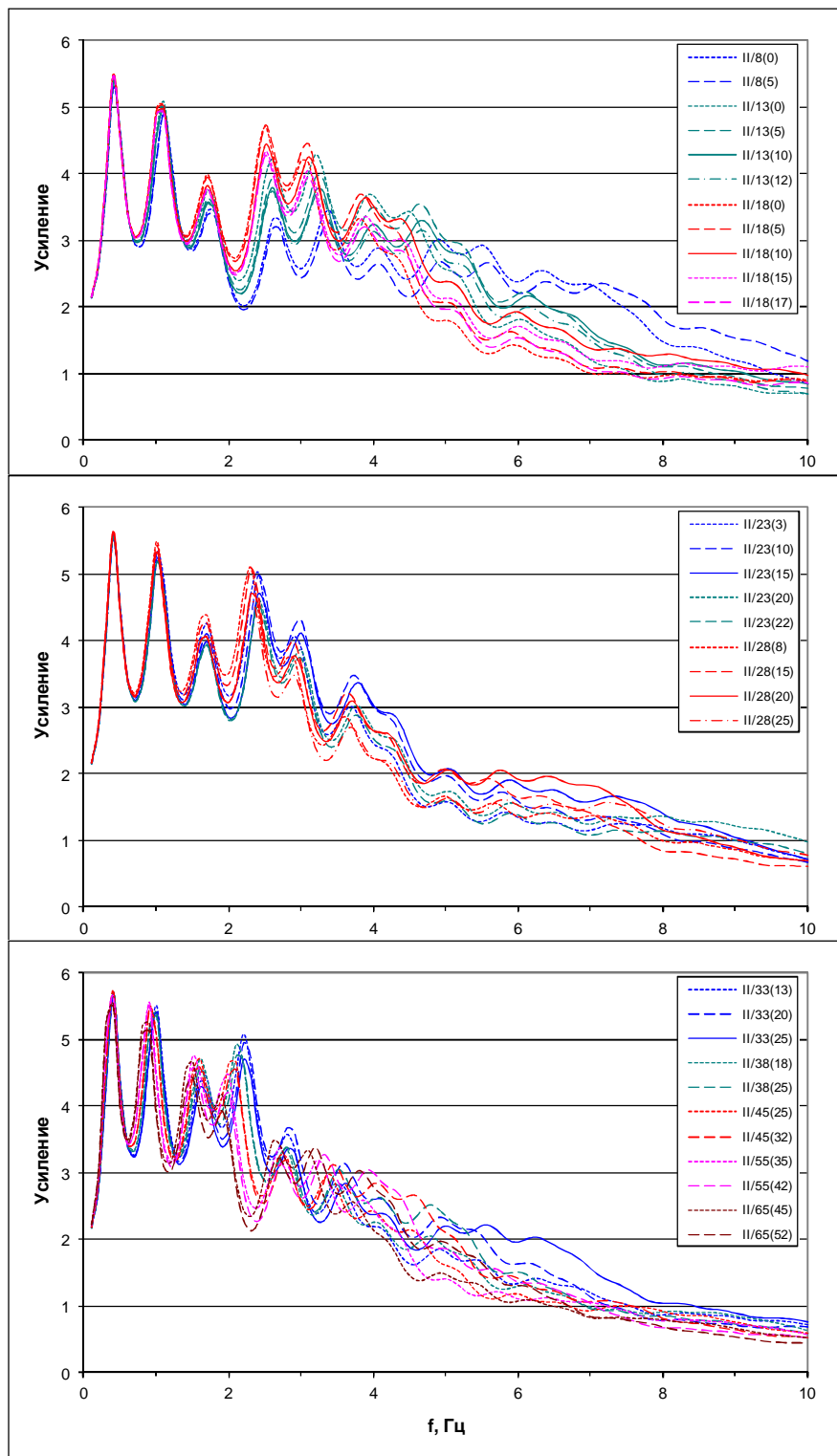


Рис. 8. АЧХ для второй геотехнической зоны.

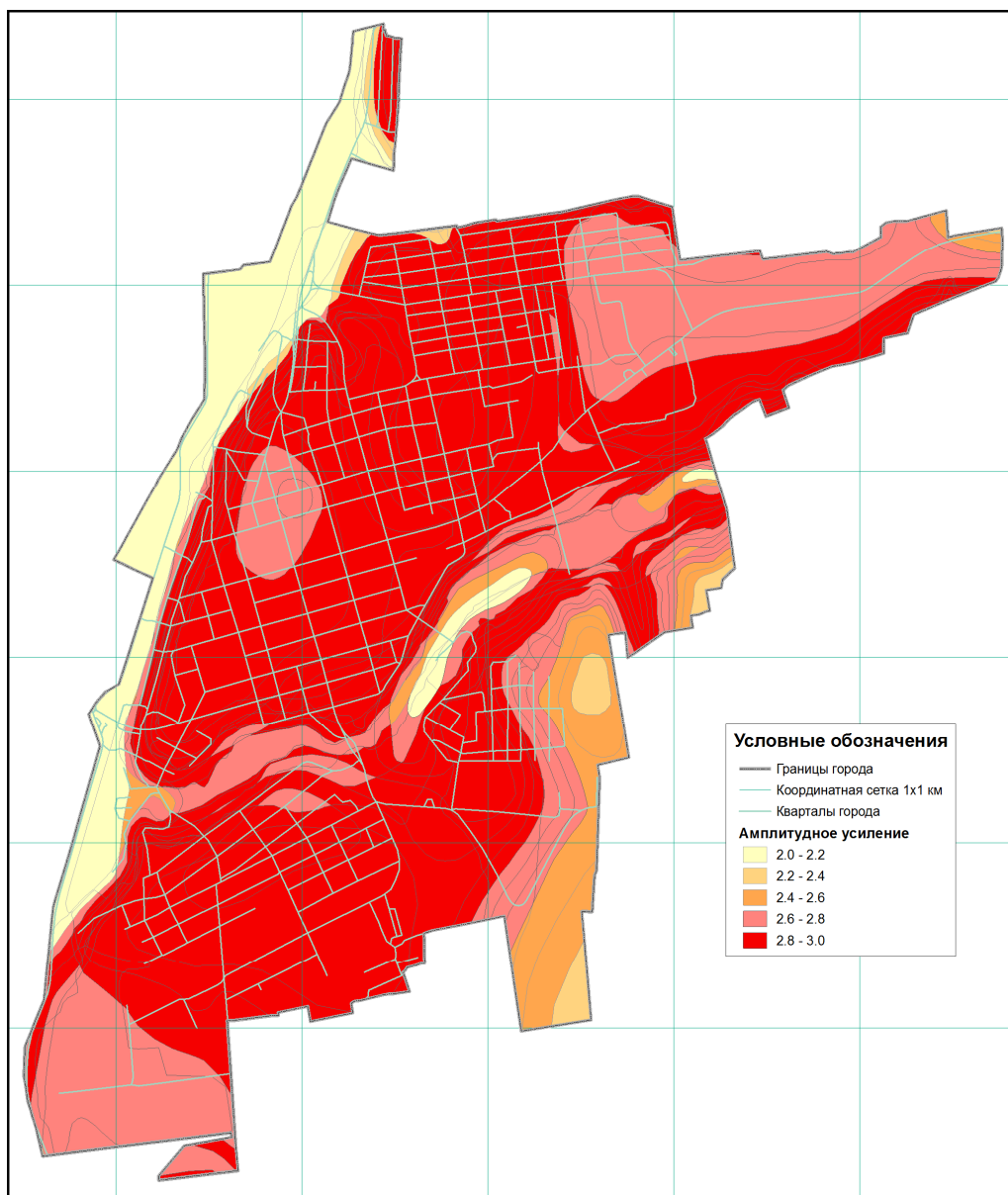


Рис. 9. Амплитудное усиление колебаний в диапазоне частот 2–8 Гц.

Из рисунков отчетливо видна взаимосвязь формы характеристик с мощностью четвертичных отложений – по мере увеличения мощности амплитуда волн уменьшается пропорционально частоте колебаний. Картирование усилительных свойств грунтов с помощью спектральных функций вызывает определенные затруднения, ввиду многомерности задачи, поскольку появляется еще одна переменная – частота. Задачу можно существенно упростить, если выполнять картирование не всей функции, а отдельных значений. Например, средних значений для каких-то интервалов частот, либо средних значений для всего исследуемого диапазона.

Картирование средних значений для отдельных интервалов частот целесообразно лишь в том случае, если в этих интервалах наблюдаются двукратные изменения амплитудных характеристик (имеются приращения балльности), что позволяет выделить такие участки, как резонансные для анализируемых интервалов частот. Если двукратные изменения амплитудных характеристик для отдельных интервалов частот не наблюдаются, то о резонансных эффектах, связанных с исследуемыми слоями на данной территории, говорить не приходится. В этом случае удобнее всего провести картирование средних значений амплитуд для всего исследуемого диапазона. Именно такая ситуация наблюдается в Кахуле. Здесь в отличие от условий Кишинева [4, 5], слои с контрастными границами упругих свойств находятся слишком глубоко, чтобы существенно влиять на амплитудный уровень колебаний и создавать приращения балльности за счет резонанса.

Таким образом, усилительные свойства грунтов Кахула определялись в виде среднего амплитудного уровня характеристики всего анализируемого частотного диапазона, связанного с параметрами слоев четвертичных отложений. Карта амплитудного усиления колебаний относительно скального основания по результатам моделирования показана на рис. 9.

В дальнейшем карту усиления амплитуд колебаний по результатам геолого-геофизического моделирования можно легко трансформировать в карту приращений балльности относительно эталонного (среднего) грунта, которая наряду с другой пространственной информацией является составной частью итоговой карты сейсмического микрорайонирования.

Заключение

Предложенная пространственная модель грунтовых условий города Кахула была использована для расчета амплитудных и частотных свойств среды при проведении сейсмического микрорайонирования. В результате моделирования в частности установлено, что распространение сейсмических волн в рыхлых грунтах сопровождается незначительными резонансными эффектами, явно недостаточными для образования приращений балльности за счет резонанса.

Литература

1. Ратникова Л.И. Методы расчета сейсмических волн в тонкослоистых средах. М., Наука, 1973.
2. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое районирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР, М.: МосЦТИСИС Госстроя РСФСР, 1987. 26 с.
3. Богдевич О.П., Исичко Е.С. Инженерно-геологическое районирование города Кахула. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2016.
4. Отчет “Сейсмическое микрорайонирование территории г. Кишинева”. АН РМ, ИГТ, Кишинева, 2004, фонды ИГС АН РМ, 180 с.
5. Alcaz V., Drumea A., Isicico E., Ghinsari V., Bogdevici O. Dezvoltări metodologice privind microzonarea seismică și aplicarea lor pentru teritoriul orașului Chișinău. Monografie. Chișinău , 2005, 118 p.

Primit la redactie – 5 decembrie 2016

УДК 550.34

Алказ В.Г., Гинсарь В.Н., Исичко Е.С.

Комплексные исследования при сейсмическом микрорайонировании территории г. Кахула

Abstract

The article presents the methodological aspects and the results of research carried out in order to create an updated version of the seismic microzonation map of Cahul city territory. Previous map was drawn up over 40 years ago and due to the absence at that time of real observations of strong earthquakes in the city, it was based mainly on geological data, and indirect methods of assessment of the ground reaction on the seismic actions. In the paper the data of macroseismic effects of strong earthquakes of 4.03.1977 and 30.08.1986 years, as well as the results of registration of earthquakes, microtremors and theoretical modeling were considered.

Keywords: seismic microzonation, soil reaction, seismic intensity increment.

Rezumat

Articolul prezintă aspecte metodologice și rezultatele cercetărilor efectuate cu scopul unei versiuni actualizate a hărții zonării seismice a teritoriului or. Cahul. Harta anterioară a fost elaborată în urmă cu 40 de ani și din cauza absenței observațiilor reale ale cutremurelor puternice în oraș, aceasta sa bazat în principal pe date geologice și metode indirecte de evaluare a reacției solului la efectele seismice. În lucrarea data au fost considerate datele privind efectele seismice ale cutremurelor din 4.03.1977 și 30.08.1986, cât și rezultatele înregistrărilor cutremurelor, microseismelor și modelărilor teoretice.

Cuvinte cheie: microzonare seismică, reacția solului, increment de intensitate seismică.

Резюме

В статье представлены методические аспекты и результаты исследований, выполненные с целью создания обновленной версии карты сейсмического микрорайонирования г. Кахула. Предыдущая карта была составлена более 40 лет назад и вследствие отсутствия на тот момент реально наблюдаемых сильных землетрясений на территории города, она основывалась, преимущественно, на геологических данных, и косвенных методах оценки реакции среды на сейсмические воздействия. В данной работе учтены данные о сейсмическом эффекте от сильных землетрясений 4.03.1977 и 30.08.1986 годов, результаты регистрации землетрясений, микросейсм и теоретического моделирования.

Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование, реакция грунтов, приращение балльности.

Введение

Цель сейсмического микрорайонирования (СМР) – количественная оценка влияния местных грунтовых условий (литологический состав, состояние и физические характеристики грунтовых массивов, форма рельефа и т.д.) на сейсмический эффект на поверхности. Сейсмологические наблюдения за сильными землетрясениями в регионе в последние десятилетия показали, что использование методологии микрорайонирования, разработанной в СССР [1-3], для конкретных

грунтовых условий Молдовы и с учетом уникальности очага Вранча, не вполне оправдано, так как наблюдаемые значения сейсмической интенсивности зачастую существенно отличались от прогнозируемых. Анализ эффективности учета грунтовых условий, выполненный нами ранее [4, 5], на базе старых подходов (учет свойств грунтов до глубин 10 м, учет категории грунтов по сейсмичности) выявил, что оценка приращения сейсмической интенсивности в условиях Молдовы может приводить к неверным результатам при игнорировании ряда факторов, влияющих на сейсмический эффект. Ввиду вышеизложенного, для анализа сейсмических свойств грунтов региона авторы данной работы применяют *комплекс взаимодополняющих и контролирующих методов*, включающих инженерно-геологические исследования, сейсмологические наблюдения и теоретические расчеты. Эта комплексная методология содержит ряд новых элементов и недавно была применена при сейсмическом микрорайонировании территории г. Кахула [6, 7]. Обновленная карта СМР основана не только на геологических данных и косвенных методах оценки реакции среды на сейсмические воздействия, как было сделано 40 лет назад, но учитывает также данные о сейсмическом эффекте от сильных землетрясений Вранча, произошедших в последней четверти XX века, текущий сейсмический мониторинг, результаты геолого-геофизического моделирования.

Обзор видов исследований для целей сейсмического микрорайонирования и их результаты составляют основное содержание данной статьи.

1. Инженерно-геологические исследования

Инженерно-геологические исследования являются одним из важнейших этапов работ по сейсмическому микрорайонированию. Они заключаются в определении пространственного расположения различных грунтов и их физико-механических свойств на изучаемой территории. По результатам этих исследований создаются карты инженерно-геологических условий и инженерно-геологического районирования. Инженерно-геологические исследования территории г. Кагул по значимости и объему выходят за рамки данной статьи. Они изложены в статьях [8, 9] настоящего сборника.

2. Метод регистрации землетрясений

Основную сейсмическую опасность для территории Кахула представляют подкоровые землетрясения зоны Вранча, сосредоточенные в интервале глубин 60-170 км. Среднее эпицентральное расстояние до города составляет порядка 130 км.

Местные очаги являются слабыми и не приводят к повреждению зданий или гибели людей, сотрясения от них ощущают только отдельные граждане. Эти очаги локализируются в сейсмических зонах Молдовы и Добруджи, расположенных к югу и юго-западу от Кахула.

Для регистрации землетрясений на территории Кахула были оборудованы две станции. Наблюдения производились с 16.07.2012 по 14.12.2013г. Ниже приведена краткая характеристика точек регистрации.

Точка 1 расположена на бул. Победа 9, (Центр). Уровень грунтовых вод около 20 м, мощность четвертичных отложений – 28 м. Грунтовый разрез данной точки может быть отнесен к средним или эталонным грунтам г. Кахула.

Точка 2 расположена на улице Валя Рече 18, в юго-западной части города. Место регистрации находится в долине реки Фрумоаса и характеризуется следующими параметрами: уровень грунтовых вод 2-3 м, до глубины 12 м аллювиальные слои представлены глинами и песчаными глинами, ниже которых залегают глины более древних террас.

Таким образом, точки регистрации землетрясений были расположены на грунтах с разными инженерно-геологическими условиями, разными сейсмическими свойствами и с разными уровнями грунтовых вод. Для регистрации землетрясений в этих точках. г. Кахула были установлены два трехкомпонентных акселерометра с цифровой записью CMG-5TD, произведенные британской фирмой Guralp. В период проведения указанного мониторинга на территории г. Кахул были записаны одновременно в обеих точках 11 землетрясений, 10 из которых в диапазоне магнитуд от 2,8 до 4,7 и одно с магнитудой 5,5 по шкале Рихтера.

Пример цифровой регистрации сейсмического события показан на рисунке 1.

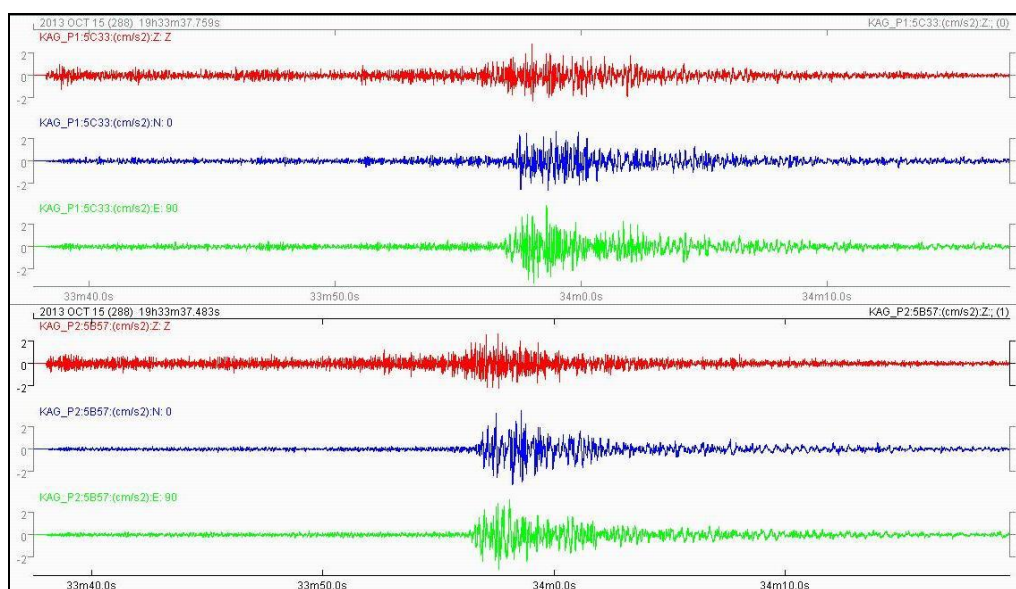


Рис. 1. Трехкомпонентные сейсмограммы землетрясения 15.10.2013 ($M=4.7$), зарегистрированные в Кахуле в точке 1 (вверху) и точке 2 (внизу).

Из анализа максимальных ускорений землетрясений, зарегистрированных в Кахуле, следует, что соотношение $P2/P1$ ($P2$ – величина максимального ускорения в точке регистрации 2; $P1$ – величина максимального ускорения в точке регистрации 1) для землетрясений с $M \geq 3.8$ близко к 1, это означает, что для максимальных амплитуд колебаний не происходит усиления сейсмического сигнала. Однако, этот коэффициент выше для слабых землетрясений ($M \leq 3.6$), где уровень сейсмического сигнала соизмерим с уровнем шума. Поскольку эти землетрясения по интенсивности не представляют интереса, последующая их обработка была исключена, и остались только 5 землетрясений с $M \geq 3.8$.

Для получения функции усиления в рассматриваемых точках, массивы числовых данных зарегистрированных землетрясений с $M \geq 3.8$, обрабатывались с помощью программ спектрального анализа. Были построены относительные спектры для каждой компоненты и вычислены средние спектральные функции (рис. 2). Из рисунка видно, что приращение балльности между точками 1 и 2 по данным регистрации слабых землетрясений не наблюдается ($< 0,5$ балла). Более того, по вертикальной составляющей отмечается отрицательное приращение относительно средних грунтов. Объяснить это явление можно присутствием в Z-компоненте большой доли обменных Р-волн, амплитуда колебаний которых уменьшается при прохождении через водонасыщенную среду с повышенной сейсмической жесткостью.

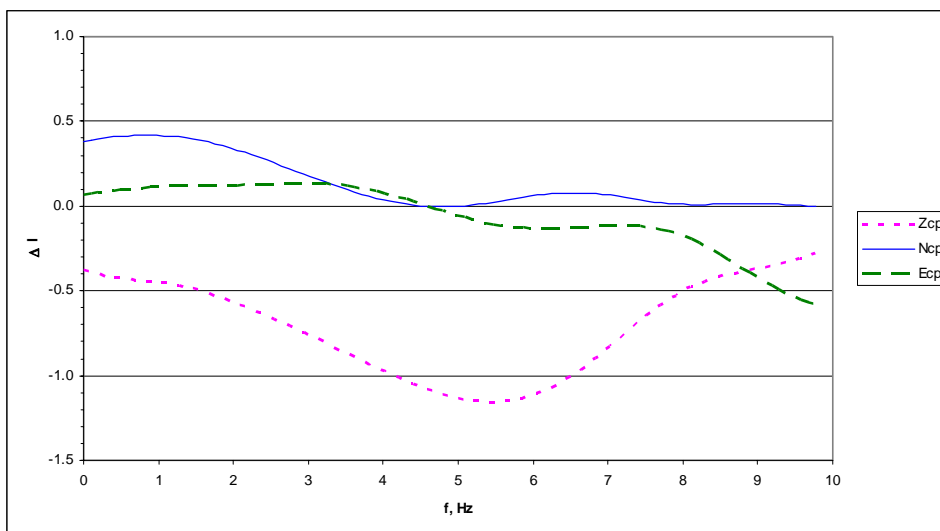


Рис. 2. Средние спектральные приращения балльности для трех компонент.

3. Метод взрывов

Метод взрывов основан на имитации слабых землетрясений с одновременной регистрацией колебаний в различных точках изучаемой территории. С целью обеспечения максимального подобия колебаний взрывов и землетрясений предложена и успешно опробована схема проведения специальных взрывов, обеспечивающая возбуждение интенсивных, в том числе поперечных сейсмических волн в широком диапазоне частот. В данной работе были использованы материалы, приведенные в [10]. Севернее г. Кахула, в одной из балок был произведен мгновенный взрыв 1,8 тонн аммонита. Заряд был размещен в 14 рядом расположенных и заполненных водой скважинах, пробуренных в обводненных глинах с прослоями мелкозернистых песков плавунного типа. Обсаженные стальными трубами диаметром 157 мм, скважины достигали глубины 25-30 м.

Выбор пунктов инструментальных наблюдений определялся следующими соображениями: во-первых, инструментальными наблюдениями было необходимо охватить грунты большинства районов, во-вторых, пункты наблюдения должны располагаться на участках с изученным геологическим разрезом и по дуговым профилям, пересекающим максимальное число выделенных грунтовых условий.

Расстояния между пунктами наблюдений и точкой взрыва в пределах полосы дугового профиля должны быть равными или отличаться от гипоцентрального не более, чем на 10%. Такое расположение точек по дуговому профилю позволяет избежать введения поправок на спадание интенсивности за счет расстояния при сопоставлении результатов колебаний в разных пунктах в пределах одного профиля.

Приращения балльности рассчитывались как амплитудным, так и спектральным методом по формуле [1, 2]:

$$\Delta I_i = 3.3 \lg \frac{A_i}{A_o} \quad (1)$$

Здесь A_i и A_o - максимальные амплитуды на сравниваемых грунтах.

Всего было 11 пунктов регистрации взрыва. Пригодные для интерпретации записи были получены в 7 пунктах. Приращение балльности было зафиксировано только в одном седьмом пункте – (+1) балл относительно средних грунтов.

4. Метод сейсмических жесткостей

Метод сейсмических жесткостей применяют в комплексе с другими инструментальными методами для количественной оценки приращений сейсмической интенсивности на участках с различными инженерно-геологическими условиями. Суть метода заключается в определении скоростей продольных и поперечных волн, возбуждаемым в грунте сейсмическим ударом. Оценку приращений интенсивности по методу сейсмических жесткостей следует проводить путем сравнения значений сейсмических жесткостей изучаемых и эталонных грунтов с учетом обводненности разреза и возможных резонансных явлений по формуле Медведева [3]:

$$\Delta J = \Delta J_c + \Delta J_{ув} + \Delta J_{рез}, \quad (2)$$

где ΔJ_c – приращение сейсмической интенсивности за грунтовые условия;

$\Delta J_{ув}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств при водонасыщении;

$\Delta J_{рез}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет явления резонанса рыхлых грунтов.

Приращение сейсмической интенсивности за грунтовые условия рассчитываются относительно средних грунтовых условий по формуле:

$$\Delta J_c = 1.67 \lg (\rho_o V_o / \rho_i V_i) \quad (3)$$

где $V_o \rho_o$ – сейсмическая жесткость средних грунтов в эталонной точке;

$V_i \rho_i$ – сейсмическая жесткость исследуемых грунтов;

V_i, ρ_i – средневзвешенные значения скоростей сейсмических волн и плотностей для исследуемых грунтовых условий.

Приращение за обводненность грунтов рассчитывается по формуле:

$$\Delta J_{ув} = \alpha \exp(-0.04h^2) \quad (4)$$

где h – уровень грунтовых вод; α – коэффициент, равный 0.5 для крупнообломочных и 1.0 – для рыхлых грунтов.

Формула Медведева позволяет дать количественную оценку относительной опасности при землетрясениях участков с различными грунтами по результатам измерений сейсмических жесткостей (ρV) этих грунтов и определение глубины залегания уровней грунтовых вод на этих участках. В конечном счете, микрорайонирование по методу сейсмических жесткостей сводится к определению скоростей упругих волн, продольных и поперечных, характеризующих сейсмические свойства сравниваемых грунтов. Необходимые для расчетов величины ρ и h обычно определяются из материалов инженерно-геологических изысканий.

Значения скоростей упругих волн на территории г. Кахул были определены в процессе сейсморазведочных наблюдений на 23 пунктах [10]. Было отработано 25 профилей по продольным и поперечным волнам на каждом. Длина профилей от 44 до 66 м, шаг размещения сейсмоприемников 1-2 м, использовался метод преломленных волн. Глубина исследований, в зависимости от сейсмогеологических условий – 9-16 м. Примеры скоростных разрезов, полученных при исследовании грунтов г. Кахула, представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Скоростные разрезы пункта наблюдения 5.

V_p , м/с	x , м	h , м	V_s , м	x , м	h , м
230	8	1.4	120	3.5	0.7
290	17.5	1.9	165	8.5	1.3
335	24	1.3	210	28.5	2.9
355	36	2.6	235	36	4.4
400	49	3.3	300	54	4.6
440	-	-	340	-	-

Таблица 2. Скоростные разрезы скважины 22.

V_p , м/с	x , м	h , м	V_s , м	x , м	h , м
225	4	0.8	140	3.5	0.7
300	11	1.5	185	8	1.0
370	37	5.5	220	31	3.5
465	63	4.4	250	58	8.1
540	-	-	330	-	-

Как уже отмечалось, упругие свойства грунтов полностью определяются плотностью и величинами скоростей продольных и поперечных упругих волн (ρ , V_p , V_s). Для определения этих параметров на территории г. Кахула отбирались скважины с основными типичными грунтами, затем сопоставлялись геологические и скоростные разрезы. Таким образом, была получена сводная характеристика упругих свойств грунтов верхней части разреза (10 слоев, до глубины 13 м) территории г. Кахула. На основе этих характеристик возможна предварительная количественная оценка сейсмической опасности (по формуле Медведева) для территории Кахула по материалам инженерно-геологических изысканий.

Приращение балльности определялось относительно эталонного разреза, отвечающего понятию «средних грунтовых условий», к которому относится исходная интенсивность, относительно которой рассчитывались приращения. В

качестве параметров эталонного разреза для Кахула были приняты следующие величины:

$$V_p = 344 \text{ м/с}; \quad V_s = 210 \text{ м/с}; \quad \rho = 1.58 \text{ г/см}^3.$$

Для характеристики упругих свойств слоистых разрезов использовались средневзвешенные значения скоростей до глубины 10 метров.

В результате измерений методом сейсмических жесткостей было выявлено, что на большей части территории города приращения интенсивности отсутствуют. Исключение составляют две точки, где приращения интенсивности составили 1 балл за счет высокого уровня УГВ.

5. Метод микросейсм

Благодаря своей простоте, доступности и дешевизне, метод микросейсм получил широкое распространение [11-15]. Основное назначение метода - оценка частотно-избирательных свойств грунтов. Особенности применения этого метода на территории Молдовы, сводятся к следующему. Для региона характерно наличие осадочных отложений значительной мощности (десятки и сотни метров), чьи периоды собственных колебаний лежат в длиннопериодной части спектра, а амплитуды не отличаются особой интенсивностью. с учетом этих факторов, рекомендовано расширение диапазона регистрируемых колебаний в сторону низких частот с применением специального сейсмометрического канала с большим усилением. Для повышения эффективности интерпретации микросейсм предложено применение методики поляризованного анализа сейсмических колебаний [16].

Наряду с совершенствованием приемов регистрации, совершенствуются и методы интерпретации микроколебаний. Эффективным, в плане разделения регулярной и случайной компоненты, показал себя разработанный нами метод поляризованного анализа сейсмических колебаний.

Высокую эффективность в условиях Республики Молдова показал также метод, предложенный *Y.Nakamura* [17]. Ценность его определяется тем, что на значительной части территории Молдовы скальные породы перекрыты рыхлыми грунтами, а метод не требует наблюдений на скальных (эталонных) грунтах.

Для измерения микросейсмических колебаний в городе Кахуле использовались трехкомпонентные портативные сейсмические регистраторы Tromino (www.tromino.eu). Измерения проводились в 33 точках, распределенных почти равномерно на территории города. Используемая программа для просмотра и обработки цифровых данных – лицензионное программное обеспечение GRILLA.

Пункты регистрации располагались преимущественно по профилям, в крест пересекающим различные геоморфологические и инженерно-геологические элементы исследуемой территории. Регистрация микросейсм при СМР Кахула была проведена в 33 пунктах. Преобладающие частоты (периоды) микроколебаний во всех точках регистрации приведены в таблице 3.

На рис. 3 показан относительный (H/V) спектр микросейсм в точке 14. (H/V) – отражает соотношение преобладающих частот в горизонтальной компоненте N-S и вертикальной компоненте Z.

Таблица 3. Преобладающие частоты (периоды) микросейсм.

Точка регистрации	Компонента NS		Компонента EW	
	f, Hz	T, s	f, Hz	T, s
1	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	0.6 – 1.0	1.0 – 1.7
2	0.3	3.3	0.3	3.3
3	0.2	5.0	0.2	5.0
4	0.3	3.3	0.3	3.3
5	0.8 – 1.1 5.0 – 6.0	0.9 – 1.3 0.17 – 0.2	0.8 – 1.1 5.0 – 6.0	0.9 – 1.3 0.17 – 0.2
6	0.8 – 1.1	0.9 – 1.3	0.8 – 1.1	0.9 – 1.3
7	0.7 – 1.0 2.0 – 3.0	1.0 – 1.4 0.3 – 0.5	0.7 – 1.0 2.0 – 3.0	1.0 – 1.4 0.3 – 0.5
8	0.8 – 1.0	1.0 – 1.25	0.8 – 1.0	1.0 – 1.25
9	0.7 – 0.9 3.0 – 6.0	1.1 – 1.4 0.17 – 0.33	0.7 – 0.9 4.0 – 6.0	1.1 – 1.4 0.17 – 0.25
10	0.4 1.0	2.5 1.0	0.45 0.8 – 1.0	2.2 1.0 – 1.25
11	0.6 – 0.8 1.2	1.25 – 1.7 0.8	0.6 – 0.8 1.2	1.25 – 1.7 0.8
12	0.7	1.4	0.73	1.4
13	0.9	1.1	0.8	1.25
14	0.5 3.0 – 4.0	2.0 0.25 – 0.33	0.7 – 0.9 2.0 – 2.7	1.1 – 1.4 0.37 – 0.5
15	0.9	1.1	0.8 – 1.1	0.9 – 1.25
16	0.3 – 0.4 0.7 – 0.9	2.5 – 3.3 1.1 – 1.4	0.4 0.83	2.5 1.2
17	0.3 – 0.4 1.1	2.5 – 3.3 0.9	0.3 0.9 – 1.1	3.3 1.1 – 0.9
18	0.4 0.9	2.7 1.1	0.36 0.7 – 1.0	2.8 1.0 – 1.4
19	0.4 1.1	2.5 0.9	1.1	0.9
20	0.4 0.7 – 1.1	2.7 0.9 – 1.4	0.38 0.9 – 1.1	2.6 1.1 – 0.9
21	0.4 0.7 – 1.0	2.8 1.1 – 1.4	0.36 0.8 – 1.1	2.8 0.9 – 1.25
22	1.0 6.0	1.0 0.17	1.0 6.0	1.0 0.17
23	0.22 0.4 1.0 3.6	4.5 2.5 1.0 0.3	0.4 1.1	2.5 0.9
24	0.3 0.9 – 1.2	3.3 0.8 – 1.1	1.0 – 1.2 5.4	0.8 – 1.0 0.2
25	0.7 – 0.95	1.05 – 1.4	0.28 0.9	3.6 1.1
26	0.35 0.7 – 1.1	2.9 0.9 – 1.4	0.35 0.5 – 1.0	2.8 1.0 – 2.0
27	0.18 0.4 – 0.6 0.8 – 1.1	5.5 2.5 – 2.7 0.9 – 1.25	0.42 5.5 – 7.0	2.3 0.14 – 0.18
28	0.38 – 0.48 0.8 – 1.1 8.0 – 9.2	2.1 – 2.6 0.9 – 1.25 0.11 – 1.25	0.40 – 0.45 0.8 – 1.2 5.5 – 10.0	2.2 – 2.5 0.8 – 1.25 0.1 – 0.2

29	0.7 – 0.8 1.0 – 1.2	1.25 – 1.4 0.8 – 1.0	0.36 – 0.44 0.6 – 0.8	2.3 – 2.8 1.25 – 1.7
30	0.55 – 0.75 0.95 – 1.2	1.3 – 1.8 0.8 – 1.1	0.70 – 1.1	0.9 - 1.4
31	0.31 0.45	3.2 2.2	0.3	3.3
32	0.8 – 0.9	1.1 – 1.25	0.6 0.8 – 0.9	1.7 1.1 – 1.25
33	0.3 1.0 – 1.5	3.3 0.7 – 1.0	0.30 – 0.36 1.0 – 1.2	2.8 – 3.3 0.8 – 1.0

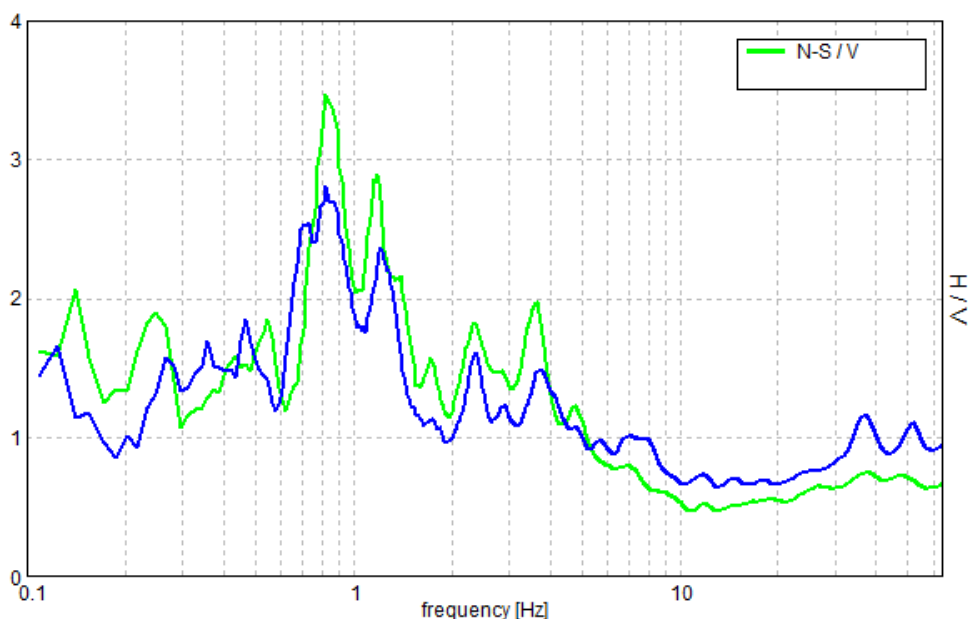


Рис. 3. Относительный (Н/В) спектр микросейсм, зарегистрированных в точке 14 г.Кахула.

6. Макросейсмический метод

Макросейсмические данные - это совокупность реакции объектов и субъектов на воздействие сейсмических колебаний. Под *интерпретацией макросейсмических данных* в сейсмическом микрорайонировании следует понимать их преобразование в поле сейсмического эффекта с целью последующей оценки интенсивности сотрясения в отдельных пунктах какой-либо территории, на отдельных ее частях (в том числе, геологически однородных) или на всей территории в целом.

Важный факт, с которым необходимо считаться при интерпретации макросейсмических данных на территории Молдовы, это влияние повторяемости (многократности) сейсмических воздействий на сейсмический эффект. Тщательный анализ макросейсмических данных (землетрясения: 10.11.40, 4.03.77, 31.08.86), показал, что в зданиях наблюдается эффект «накопления повреждений», достигающий 0,5 степени повреждения при отдельном землетрясении. Подтверждение влияния фактора повторяемости приведено и нами в работах [18,19]. Таким образом, интерпретацию макросейсмического поля необходимо

провести дифференцированно, с учетом перенесенных зданием землетрясений. В противном случае, истинное представление об интенсивности землетрясения будет искажено в сторону завышения балльности.

Методика и результаты обработки макросейсмических данных сильных карпатских землетрясений 1977 и 1986 гг. были изложены нами ранее [20] и здесь не приводятся. Отметим только, что в западной и северо-западной частях города Кахул землетрясение 1986 проявилось сильнее, чем в юго-восточной его части.

7. Метод численного моделирования

Задачей моделирования применительно к микрорайонированию является установление связей и зависимостей между свойствами геологической среды и усилением сейсмических колебаний. Исчерпывающей характеристикой усилительных свойств грунтов является его амплитудно-частотная характеристика. Построенная геолого-геофизическая модель, как и результаты моделирования подробно расписаны в статье настоящего сборника [9] и здесь не приводятся.

Результаты сейсмического микрорайонирования по комплексу методов

Как следует из изложенного выше, для оценки сейсмической опасности территории г. Кахула были привлечены следующие данные:

- характеризующие геологическое, геоморфологическое и инженерно-геологическое строение территории;
- о реакции грунтов на колебания, вызванные Карпатскими землетрясениями;
- о реакции грунтов на колебания, вызванные специальными взрывами, имитирующими землетрясения;
- о скоростных параметрах грунтов, слагающих данную территорию;
- о преобладающих периодах грунтов по наблюдениям за микросейсмами;
- расчетов по определению теоретических частотных характеристик грунтов и ожидаемых воздействий на районируемой территории;
- о проявлении макросейсмических эффектов во время сильных Карпатских землетрясений.

Анализ записей ряда Карпатских землетрясений, зарегистрированных на территории г. Кахула, выявил, что приращение балльности на обводненных грунтах относительно средних грунтовых условий не превышает 0,5 балла.

Приращение балльности, определенное методом сейсмических жесткостей составляет 1 балл на участках высокого стояния уровня грунтовых вод.

Результаты обработки записей специальных взрывов, имитирующих землетрясения, в 11 пунктах, позволили заключить, что приращение балльности на всей территории не превышает 0,5 балла, и только на участке расположения пункта 7 достигает значения порядка 1 балла. Превышение балльности на этом участке может быть обусловлено 2-мя факторами: 1) инженерно-геологическими условиями: разрез здесь представлен преимущественно слабыми грунтами, в основном, супесями и мелкозернистыми песками; 2) влиянием рельефа: участок зажат между двумя крутыми склонами, спускающимися к пойме Прута и ручью Фрумоаса. Повышенный уровень повреждений зданий на этом участке подтвержден макросейсмическими данными прошлых сильных землетрясений [20].

С целью прогноза распределения сейсмической интенсивности на территории г. Кахула была создана непрерывная трехмерная, пятислойная геолого-геофизическая модель грунтов города. На основе амплитудно-частотных модельных характеристик были вычислены средние значения усиления колебаний среды для инженерного диапазона частот 2–8 Гц. Тем самым для территории г. Кахула была получена карта среднего усиления сейсмических колебаний. Установлено, что в целом по городу амплитудное усиление меняется в пределах от 2 до 3, а приращение балльности не превышает 0,5 балла. Следует отметить, что результаты моделирования на участке высокого стояния УГВ выявили даже отрицательное приращение балльности по сравнению со средними грунтовыми условиями; однако следует учесть, что расчеты велись в предположении линейного поведения грунтов, а опыт сильных землетрясений показывает, что на слабых обводненных грунтах, наподобие наших, степень повреждаемости строений может быть выше из-за деформируемости грунтов при повышенных сейсмических нагрузках. В этом случае предпочтение следует отдать наблюдениям, а не расчетам.

Сопоставление полученных разными методами значений приращений интенсивности для принятия окончательной схемы сейсмического микрорайонирования, показывает, что на территории г. Кахула может выделить три зоны, а именно;

1. *Зона 1*, занимающая большую часть территории города, где приращение балльности по сравнению со средними грунтами не выявлено ни одним из методов. Очевидно, сейсмическая интенсивность здесь должна составить, как и на средних грунтах 8 баллов.
2. *Зона 2*, занимающая сравнительно небольшую часть территории города, где методом жесткостей выявлено приращение + 1,0 балл по сравнению со средними грунтами. Сейсмическая интенсивность здесь должна составить 9 баллов; Приращение балльности в этой зоне обусловлено близким к поверхности уровнем грунтовых вод и большой мощностью обводненных грунтов (10-20м). В случае сильных землетрясений в пределах этой зоны, в первую очередь, в пойме р. Прут, возможно разжижение грунтов.
3. *Зона 3*, занимающая маленькую часть территории города, где по результатам регистрации специальных взрывов и макросейсмическим наблюдениям выявлено приращение +1,0 балл по сравнению со средними грунтами. Приращение балльности на этом участке может быть обусловлено двумя факторами: инженерно-геологическими условиями и влиянием рельефа. Сейсмическая интенсивность здесь должна составить 9 баллов;

На основе изложенного, нами была построена Карта сейсмического микрорайонирования территории г. Кахула.

Построенная карта СМР приведена на рис 4. На карте присутствуют две зоны балльности: 8 и 9 баллов.

8 балльная зона составляет 88 % (12,2 км²) от общей площади города. Она охватывает территории второй надпойменной террасы р. Прут, склона и водораздела. В восточной части этой зоны имеется участок древнего оползня. В настоящее время оползень стабилизировался, однако в случае землетрясения он может активизироваться, поэтому при его освоении нужны дополнительные инженерно-геологические исследования.

9 бальная зона составляет 12 % (1,7 км²) и охватывает главным образом территорию поймы реки Прут и ручья Фрумоаса, а также небольшую территорию с правой стороны устья ручья Фрумоаса.

Кроме зон балльности, на карте также показаны оползнеопасные территории, участки с грунтами второго типа просадочности. Вся эта информация будет крайне необходима проектировщикам для принятия правильных решений при проектировании и строительстве сейсмостойких объектов на территории г. Кахула.

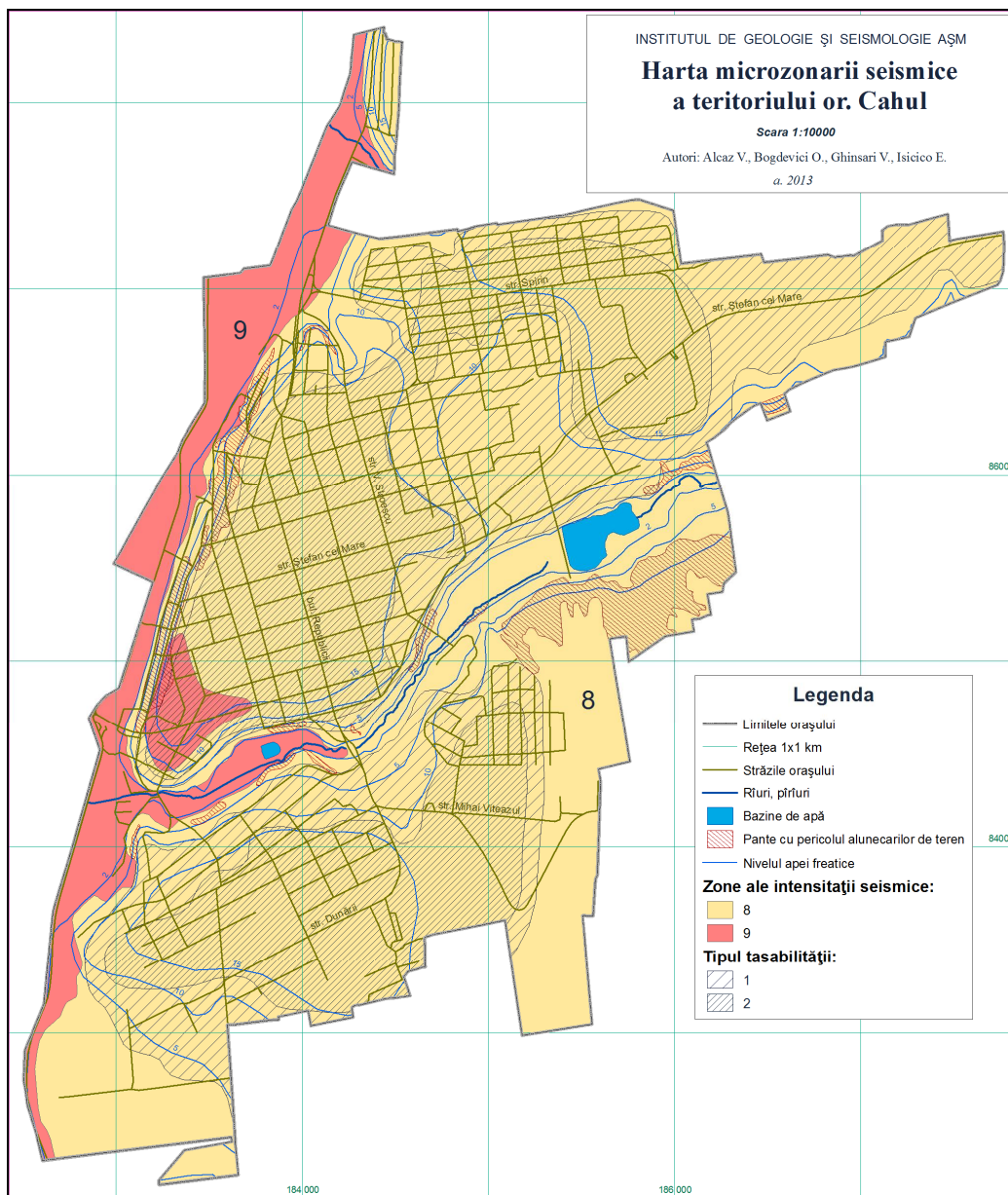


Рис. 4. Карта сейсмического микрорайонирования г. Кахула.

Заклучение

Проведено изучение сейсмических свойств грунтов территории г. Кахула методами регистрации землетрясений, имитации землетрясений с помощью специальных взрывов, измерения скоростей распространения сейсмических колебаний в грунтах, регистрации микросейсм, а также расчетных методов и анализа макросейсмических данных. На основании полученных результатов дана количественная оценка сейсмической опасности территории г. Кахула и построена карта сейсмического микрорайонирования данной территории, на которой присутствуют две зоны балльности: 8 баллов (составляет 12,2 км² или 88 % от общей площади города) и 9 баллов - (1,7 км² или 12 % площади города).

Литература

1. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. РСМ-73. В сб.: "Вопросы инженерной сейсмологии", вып. 15, Труды ИФЗ АН СССР, М., 1973.
2. Сейсмическое районирование Улан-Батора. Под ред. Медведева С.И. М., "Наука", 1971.
3. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М., "Госстройиздат", 1963.
4. Алказ В.Г. и др. Сейсмическое микрорайонирование территории микрорайона Budești г. Кишинева. Фонды ИГГ АНМ, Кишинев, 1985, 263 стр.
5. Алказ В.Г. и др. Сейсмическое микрорайонирование территории микрорайона Centru г. Кишинева. Фонды ИГГ АНМ, Кишинев, 1985.
6. Alcaz, V., Drumea, A., Isicico, E., Ghinsari, V., Bogdevici, O. Dezvoltări metodologice privind microzonarea seismică și aplicarea lor pentru teritoriul orașului Chișinău. Monografie. Chișinău, 2005, 118 p.
7. Сейсмическое микрорайонирование территории г. Кахула. (Отчет), фонды ИГС АН РМ, 2013, 130 стр.
8. Богдевич О.П., Исичко Е.С. Инженерно-геологическое районирование города Кахула. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, №2, 2016.
9. Исичко Е.С., Алказ В.Г., Богдевич О.П. Геолого-геофизическое моделирование на стадии сейсмического микрорайонирования г. Кахула. Buletinul Institutului de Seismologie și Seismologie al AȘM, №2, 2016, с.
10. Саянов В.С., Богуславский Ф.М., Ганебная А.Ф., Онофраш Н.И., Сквитин А.И., Усманова М.Ш. Сейсмическое микрорайонирование г.Кахула. (Отчет). Кишинев, 1974г.
11. Ершов И.А. Об использовании микроколебаний для определения частотных особенностей грунтов. В кн.: Сейсмическое движение грунта. М., Наука, 1970.
12. Ершов И.А. Колебания основания тела плотины при короткопериодных микросейсмах. В кн.: Колебания земляных плотин. М., Наука, 1967.
13. Казанян Д.Н., Антоненко Э.М. Инструментальное микрорайонирование по высокочастотным микросейсмам. Изв. АН Каз. ССР, серия геол., вып. 2, 1960.
14. Cutremul de pământ de la 4 martie 1977. București, Editura AȘ RSR, 1981.
15. Рустанович Д.Н. Особенности колебаний поверхности грунта при землетрясениях, взрывах и микросейсмах. В кн.: Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний. Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 15, М., Наука, 1973, с. 112-115.

16. Алказ В.Г., Перельберг А.И., Онофраш Н.И. Поляризаційний аналіз сейсмічних волн. Кишинев, Штиінца, 1977, 175 с.
17. Nakamura, Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. OR of RTRI, vol. 30, N1, 1989, p. 25-31.
18. Alcaz, V. Metoda prelucrării cantitative a datelor macroseismice pentru scopuri de microzonare seismică. Proc. of XIII Simp. of Earth Physics, Bucharest, Romania, 1991, p.150-152
19. Алказ В.Г., Роман А.А., Илиеш И.И. Изменение собственных периодов некоторых зданий г. Кишинева как следствие Карпатского землетрясения 4 марта 1977. *Известия АН МССР*, сер. физ.-тех. и мат. наук, № 3, 1984, с. 86-88.
20. Алказ В.Г., Гинсарь В.Н., Исичко Е.С. Некоторые результаты обработки макросейсмических наблюдений сильных сейсмических событий в г. Кагуле. Бюлетин Інституту де Сейсмологія і Сейсмологія ал АŞМ, №1, 2014, p. 5-12.

Primit la redactie – 12 decembrie 2016

УДК 550.343

Буртуев Р.З.

Методы расчета сейсмического риска и составления синтетического каталога землетрясений с использованием Монте-Карло моделирования

Abstract

The methods for evaluation of seismic risk and drawing up the synthetic catalog of earthquakes using Monte Carlo simulation is elaborated.

Key words: *seismic risk, stochastic catalogue of earthquakes.*

Rezumat

A fost elaborat un algoritm de calcul al riscului seismic și compilare a unui catalog sintetic de cutremure folosind simularea Monte Carlo.

Cuvinte cheie: *risc seismic, catalog de cutremur stocastice.*

Резюме

Разработаны методы расчета сейсмического риска и составления стохастического каталога землетрясений с помощью Монте-Карло моделирования.

Ключевые слова: *сейсмический риск, стохастический каталог землетрясений.*

Введение

Сейсмическую опасность уменьшить невозможно, можно уменьшить сейсмический риск до приемлемого уровня, снабжая инженеров–строителей, проектировщиков и других специалистов, принимающих решения, достаточной для этого информацией. Приемлемый сейсмический риск – это некоторый компромисс между уровнем сейсмической безопасности и способностью общества обеспечить ее в данный момент времени. Актуальность развития методов расчета сейсмического риска растет в связи с ростом народонаселения, строительством высотных и сверхвысотных зданий, увеличивающимся количеством объектов стратегической важности и развитием городов. Так как, для планирования строительства и проведения мероприятий по противостоянию воздействию сейсмических событий необходимо знать возможные экономические последствия землетрясений. В работе предложен алгоритм расчета сейсмического риска на основе наиболее информативной мере сейсмической опасности.

Сейсмология занимается изучением землетрясений и связанных с ними явлений. Основная задача сейсмологии – научиться предсказать силу, время и место возникновения землетрясений, которая решается на базе сведений из каталогов землетрясений, и их составление связано с обработкой большого объема геолого–геофизических и сейсмических данных. Однако, часто, каталог не

отражает всю сейсмическую обстановку в сейсмических зонах, и не соответствует реальной структуре потока сейсмических событий, так как не включает в себя значительную часть землетрясений с магнитудой ниже минимальной магнитуды комплектности, которая зависит от периода времени, охватываемого каталогом. Представительные инструментальные каталоги землетрясений охватывают относительно короткий интервал времени – порядка нескольких десятилетий. Многие исследователи [1-14] для компенсации недостатка сведений о сейсмических событиях применили стохастические каталоги, составленные с помощью Монте–Карло моделирования (стохастическое моделирование) каталогов – генерированием случайных последовательностей сейсмических событий. Однако составленный по существующим алгоритмам синтетический каталог румынских землетрясений оказался не правдоподобным.

В качестве примера, расчет сейсмического риска проводится для некоторого абстрактного города «Сейсмоград», который находится в зоне воздействия румынских землетрясений.

Вычисление сейсмического риска

Пусть случайная величина D означает величину материального ущерба, в некоторой условной денежной единице, который может причинить сейсмические события некоторому населенному пункту, например, городу «Сейсмоград», с координатами $P(45,28)$. Предположим, что г. Сейсмоград находится в радиусе воздействия 13 сейсмических зон на территории Румынии, выявленные с помощью кластерного анализа. Землетрясение может возникнуть в одной из этих сейсмических зон, и с вероятностью β_k вызвать в г. Сейсмоград сейсмический толчок интенсивности I^k , $k=1,2,\dots,12$ [15,16]. Вероятности β_k , $k=1,2,\dots,12$ составляют вектора распределения вероятности возникновения сейсмического эффекта интенсивности I^k :

$$\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_{12}) \quad (1)$$

Если $F(d/I)$ условная функция распределения случайной величины D , то интеграл:

$$M\left(\frac{D}{I}\right) = \int d dF\left(\frac{d}{I}\right) \quad (2)$$

определяет условное математическое ожидание размера ущерба от сейсмического воздействия с интенсивностью I . Предположим, что величина D с условной вероятностью $p(d/I^k)$ принимает одно из L возможных значений d_l , ($l=1,\dots,L$), при возникновении сейсмического толчка интенсивности I^k . Вероятности $p(d/I^k)$ образуют (K,L) матрицу сейсмического риска D_r . Формула вычисления условного математического ожидания объема ущерба D_r , при возникновении сейсмических воздействий интенсивности I^k , $k=1,\dots,12$, в матричной форме имеет вид:

$$M\left(\frac{D}{I^k}\right) = \sum_{l=1}^L d_l p\left(\frac{d_l}{I^k}\right) = D_r \vec{d} \quad (3)$$

$$\vec{d} = (d_1, d_2, \dots, d_L) \quad (4)$$

где матрица D_r – определяется по формуле:

$$D_r = \begin{pmatrix} p\left(\frac{d_1}{I^1}\right) \cdots p\left(\frac{d_2}{I^1}\right) \cdots p\left(\frac{d_L}{I^1}\right) \\ p\left(\frac{d_1}{I^2}\right) \cdots p\left(\frac{d_2}{I^2}\right) \cdots p\left(\frac{d_L}{I^2}\right) \\ \vdots \\ p\left(\frac{d_1}{I^{12}}\right) \cdots p\left(\frac{d_2}{I^{12}}\right) \cdots p\left(\frac{d_L}{I^{12}}\right) \end{pmatrix} \quad (5)$$

Так как величина I принимает одно из значений I^k , ($k=1, \dots, 12$), то события $(I=I^1), (I=I^2), \dots, (I=I^{12})$ образуют полную группу несовместных событий и $F(d/(I=I^1)), F(d/(I=I^2)), \dots, F(d/(I=I^{12}))$ – соответствующие этим событиям условные функции распределения случайной величины D . Из формулы полной вероятности находим безусловную функцию распределения объема ущерба при возникновении сейсмического толчка с интенсивностью I^k :

$$F(d) = \sum_{k=1}^{12} P(I = I^k) F\left(\frac{d}{(I = I^k)}\right) \quad (6)$$

Для оценки суммарного сейсмического риска служит формула, которая вычисляет математическое ожидание условного математического ожидания величины ущерба D , при фиксированных значениях интенсивности сотрясений I^k :

$$MD = M\{M(D/I)\} = \sum_{k=1}^{12} P(I = I^k) M\left(\frac{d}{I^k}\right) \quad (7)$$

Выражение (7) в матричной форме имеет вид:

$$MD = \sum_{k=1}^{12} P(I = I^k) M\left(\frac{d}{I^k}\right) = \sum_{k=1}^{12} \beta_k M\left(\frac{d}{I^k}\right) = \bar{\beta} D_r \bar{d} \quad (8)$$

Предположим, что при каждом I^k величина D принимает только одно значение D_k , то есть $P(D=d_k)=1$, для каждого $k=1, \dots, 12$. Следовательно, при возникновении события I^k может произойти только одно событие $\{D=d_k\}$, то есть событие $\{I=I^k\}$ ведет к обязательному осуществлению события $\{D=d_k\}$, то есть $p(d_k/I^k)=1$. Из равенства единице условной вероятности следует, что совместная вероятность того, что в результате возникновения землетрясения интенсивность сейсмического воздействия примет значение I^k , и будет нанесен ущерб объема d_k , определится вероятностью возникновения сейсмического сотрясения с интенсивностью I^k :

$$p(d_k, I^k) = P(D = d_k, I = I^k) = P\left(D = \frac{d_k}{I = I^k}\right) P(I = I^k) = p(I^k) \quad (9)$$

Таким образом, сейсмический риск, при угрозе возникновения одного землетрясения определится по формуле:

$$M(d) = \bar{D} = \sum_{k=1}^{12} \beta_k d_k \quad (10)$$

где β_k вероятность возникновения в городе «Сейсмоград» сейсмических воздействий интенсивности I^k [15]. Умножением среднего числа сейсмических событий за время t , на величину (9) определяется сейсмический риск за период времени t лет:

$$\overline{D}_t = \sum_{k=1}^{12} \lambda t \beta_k d_k \quad (11)$$

где λ - среднегодовая интенсивность возникновения сейсмических толчков в г. Сейсмоград.

Таблица 1. Оценка сейсмического риска для города «Сейсмоград»

Баллы шкалы МСК-64	I^k	$I^k=4$	$I^k=5$	$I^k=6$	$I^k=7$	$I^k=8$	$I^k=9$
Вероятность возникновения сейсмического толчка интенсивности I^k	β_k	0.0128	0.00517	0.00178	0.000841	0.000201	0
Размер ущерба при возникновении землетрясения с интенсивностью I^k	d_k	25600	62500	129600	240100	409600	656100
Возможный ущерб при сейсмических толчках интенсивности I^k	$d_k \beta_k$	327	323	231	202	82	7.7
Средний размер ущерба от воздействия землетрясений интенсивности I^k за 475 лет.	$\lambda \beta_k 475 D_k$	$718 \cdot 10^4$	$729 \cdot 10^4$	$506 \cdot 10^4$	$443 \cdot 10^4$	$181 \cdot 10^4$	$169 \cdot 10^3$
Возможный суммарный размер ущерба при возникновении землетрясения, который может вызвать сейсмические толчки с интенсивностью $I=1,2,\dots,12$ баллов	$\overline{D} = \sum_{k=1}^{12} \beta_k D_k = 1462$	Возможный размер ущерба, который может быть нанесен землетрясениями г. Сейсмоград, за 475 лет.		$\overline{D}_{475} = \sum_{k=1}^{12} \lambda t \beta_k D_k = 321 \cdot 10^5$			

В таблице (таб. 1) показаны характеристики сейсмического риска, рассчитанные для города «Сейсмоград».

Составление стохастического каталога землетрясений

Сейсмический процесс связан со сложными геологическими, физико-химическими процессами, происходящими в теле Земли, с переплетением физических полей Земли и гравитационной силы небесных тел, и их влиянием на глобальную тектонику. Эти процессы характеризуются множеством признаков, как и сейсмические процессы, которые имеют тенденцию повторяться. Относительно короткий период наблюдений над сейсмичностью не позволяет выявить периодические составляющие во временном ряде землетрясений и построить его адекватную вероятностную модель. Однако наличие циклической составляющей представляется вероятным.

Современные модели строения Земли и теории, объясняющие возникновение землетрясений, базируются на косвенных данных, в основном на сейсмических

наблюдениях. Основной целью геофизических исследований является решение обратной задачи, т.е. определение строения среды по наблюдениям над характеристиками физических полей. Задачи сейсмологии, по сути, тоже обратные задачи, которые решаются на базе сведений из каталогов землетрясений: важной продукцией сейсмологии, и их составление связано с обработкой большого объема геолого–геофизических и сейсмических данных. Представительные каталоги охватывают относительно короткий интервал времени – порядка нескольких десятилетий. Учитывая весьма почтенный возраст очагов землетрясений, который исчисляется миллионами лет, сейсмический процесс на отрезке времени, представляющий практический интерес, можно считать стационарным, и недостаток сведений о сейсмических событиях можно компенсировать составлением стохастических каталогов с помощью Монте–Карло моделирования (стохастическое моделирование) каталогов – генерированием случайных последовательностей сейсмических событий.

Для вероятностного анализа сейсмической опасности составляется модель сейсмического режима зоны очагов землетрясений, которая с определенной степенью полноты описывает пространственно–временное распределение землетрясений в данной зоне. Для реализации Монте–Карло моделирования для некоторого региона используется существующая модель сейсмичности региона.

В широком смысле моделирование синтетического каталога (стохастический каталог) основывается на существующей модели сейсмичности, на сейсмических записях, на сведениях об исторической сейсмичности, на данных о региональной тектонике и о геолого–геофизических особенностях региона.

Существуют множество алгоритмов создания стохастических каталогов [1-14], которые, в принципе, мало чем отличаются. Во всех случаях каталог должен содержать сведения о параметрах землетрясений, достаточных для анализа сейсмической опасности: время возникновения; расположение очага; магнитуда и глубина землетрясений. Значения параметров сейсмичности, как значения случайных величин задается конкретной функцией распределения. Чтобы сгенерировать случайные числа, соответствующие необходимой функции распределения параметров сейсмичности, исходят от равномерно распределенных на интервале (0, 1) случайных величин, которые с помощью соответствующих преобразований приводятся к значениям моделируемых параметров землетрясений.

Временной режим сейсмичности моделируется законом повторяемости; закон Гутенберга–Рихтера отражает соотношение между магнитудой землетрясений и частотой их возникновения в заданном регионе и периоде времени, а в активной разломной зоне используется характеристическое магнитудно–частотное соотношение [2, 5, 6, 8, 9]. Закон повторяемости характеризует вероятность возникновения землетрясений определенной силы в некоторой области за единицу времени. Предполагается, что землетрясения распределены равномерно в пределах данной пространственно–временной области. Это означает, что интенсивность возникновения сейсмических событий не зависит от объема и от геометрии очаговой зоны. Однако исследования показывают, что в широком диапазоне магнитуд график повторяемости не является линейным, наблюдаемые оценки повторяемости землетрясений средней магнитуды по разным периодам времени могут значительно различаться [17]. Для крупных сейсмических

событий оценки по графику повторяемости оказываются значительно ниже наблюдаемых.

Сгенерировав разные варианты стохастических каталогов землетрясений удастся смоделировать разные сценарии развития сейсмической обстановки в зонах очагов землетрясений, и выбрать параметры сейсмического режима, при которых стохастический каталог землетрясений будет максимально соответствовать исторической сейсмичности. Стохастический каталог может быть полезным также при проверке качества методов прогноза землетрясений. Основным предположением при моделировании каталогов землетрясений является гипотеза о том, что на возникновение сейсмических событий не влияют никакие силы и происходят случайно, то есть поток сейсмических событий соответствует пуассоновской схеме.

Для составления синтетического каталога для румынских землетрясений был применен самый подробный алгоритм, который состоит из следующих шагов [4]:

- Создание случайных чисел.
- Преобразование случайных чисел для приведения к виду, соответствующего распределению конкретного параметра землетрясений.
- Оценка времени возникновения:

Землетрясения происходят в случайные моменты времени, а афтершоки возникают после крупных сейсмических событий и их активность убывает со временем:

$$\lambda = \mu + \sum_{t_i < t} \frac{K \cdot 10^{\alpha(m_i - m_0)}}{(t - t_i + c)^p} \quad (12)$$

где: λ – дневная интенсивность землетрясений за время $t - t_i$, после i -го землетрясения, с магнитудой m_i

η – дневная интенсивность фоновой сейсмичности,

m_0 – минимальное значение, землетрясения с магнитудой ниже которого не сопровождаются афтершоками,

α – постоянная “производительности” характеризует сейсмическую активность,

c – постоянная величина, выражает смещение во времени,

p – степень затухания интенсивности афтершоков,

K – постоянная Гутенберга–Рихтера.

Чтобы использовать формулу (12), на основе сведений о времени возникновения и магнитуды землетрясений в регионе вычисляются параметры: μ , m_0 , α , c , p , K .

- Определение расположения очагов:

Очаги землетрясений должны располагаться близко к тектоническим разломам, а афтершоки пространственно должны привязываться к главному толчку, на некоторой дистанции и направлении от него, которые являются случайными величинами. Дистанция зависит от магнитуды главного толчка. Далее территория разбивается на географические ячейки размера $L \times L$ км², и определяется число землетрясений в ячейках после удаления афтершоков. Выбор ячейки осуществляется случайно, для чего генерируются случайные числа. Эпицентры землетрясений, случайно распределенных вокруг центра ячейки, моделируются генератором случайных чисел.

- Оценка значения магнитуды:

Распределение силы землетрясения, как правило, описывается магнитудно–частотным соотношением Гутенберга–Рихтера:

$$\lg N(m) = a_t - b(m - m_t), \quad m \geq m_t \quad (13)$$

где $N(m)$ число землетрясений с магнитудой не менее m , a_t и b параметры.

Распределение Гутенберга–Рихтера (12) преобразовывается в усеченное распределение Парето [7] с плотностью:

$$f(M) = \beta M_t^\beta M^{-1-\beta} \quad M \geq M_t \quad (14)$$

и с функцией распределения вероятности события, состоящее в том, что сейсмический момент больше или равен M [2]:

$$\Phi(M) = \left(\frac{M_t}{M} \right)^\beta e^{-\frac{M_t - M}{M_c}} \quad (15)$$

где M_t – нижний порог значений сейсмического момента; M_c – угловой момент; $\beta = (2/3)$. Решением уравнения (14) относительно M , после некоторых преобразований, получена формула для генерирования магнитуды [4]:

$$m = \frac{2}{3} \log \beta + m_c + \frac{2}{3} \log W \left(\frac{10^{1.5(m_t - m_c)} e^{\frac{10^{1.5(m_t - m_c)}}{\beta}}}{\beta r \frac{1}{\beta}} \right) \quad (16)$$

через r обозначена случайная величина (14), W – функция Ламберта. Методом преобразований получен итеративный алгоритм генерирования магнитуд [4]:

$$w_{j+1} = w_j - \frac{w_j e^{w_j} - x}{e^{w_j} (w_j + 1) - \frac{(w_j + 2)(w_j e^{w_j} - x)}{2w_j + 2}} \quad (17)$$

Для значений $x \geq e$, функция $w(x)$ может быть аппроксимирована выражением $\ln x - \ln(\ln x)$. При $x < e$, для значений аргумента в окрестности нуля, функция Ламберта приближается полиномом четвертой степени [12]:

$$y = -0.0285x^4 + 0.1892x^3 - 0.508x^2 + 0.9138x \quad (18)$$

Вычисляется средняя глубина землетрясений в регионе, и средняя глубина в ячейках $LxLкм^2$. Генерируются нормально распределенные случайные величины с параметрами распределения равными выборочному среднеарифметическому и стандартному отклонению значений глубины наблюдаемых в пределах ячеек землетрясений. Если же в ячейке не наблюдались землетрясения, то параметрам распределения присваивались выборочные региональные значения. Однако, составленный по данному методу, синтетический каталог румынских землетрясений оказался неправдоподобным.

Сейсмичность – подверженность отдельных территорий Земли землетрясениям. Землетрясения представляют собой отражение геологических процессов, происходящих в земных недрах, и происходят в различных по структуре и характеру развития районах Земли. Географическое разделение областей с

разными геолого-структурными, тектоническими и сейсмическими особенностями изображается сейсмическим зонированием. Сейсмическая зона, в которой возникают землетрясения определенной мощности, характеризуется: геолого–геофизическими признаками, особенностями геологического развития региона (интенсивность движений и строение тектонических блоков), геодезическими данными о современных движениях земной коры, геофизическими данными, описывающие глубинное строение региона и распределением физических свойств горных пород на разных глубинах. Сейсмическое зонирование в значительной степени основывается на субъективных критериях, с чем и связан фактор неоднозначности при выделении сейсмических зон. При проведении статистического анализа выборочных значений магнитуды, глубины, географических координат, интервалов времени между землетрясениями и других параметров сейсмичности обнаруживается многомодальность эмпирических распределений. Это указывает на то, что выборка состоит из подвыборок генеральных совокупностей с различными вероятностными характеристиками, то есть состоит из смеси данных из разных генеральных совокупностей. Например, сейсмичность зоны Вранча состоит из коровой и подкоровой сейсмичностей, которые имеют свои особенности. Геологические процессы, которые приводят к землетрясениям, имеют свои особенности развития в разных сейсмических зонах и протекают по-разному. Видимо, при составлении стохастического каталога землетрясений должна быть учтена одинаковость геологических условий в сейсмической зоне, для чего, возможно, необходимо уменьшить объем сейсмической зоны, в идеале до минимальной сейсмогенерирующей структуры.

Сейсмическая зона охватывает некоторое пространство геофизической среды. Декартово произведение данного пространства на диапазон возможных значений магнитуды образует четырехмерное пространство Ξ , точки которого могут оказаться возможными значениями параметров землетрясений. Если пространство Ξ разбить на непересекающиеся четырехмерные интервалы, то параметры: географические широта, долгота, глубина и магнитуда землетрясения будут принадлежать одному и только одному интервалу. Интервалы F_i, Ψ_j, H_k, M_n образуются разбиением диапазонов возможных значений параметров землетрясений на $R_\varphi, R_\psi, R_h, R_m$ частей соответственно. Пространство возможных значений параметров землетрясений будет состоять из четырехмерных интервалов: $\Xi = [F_i \times \Psi_j \times H_k \times M_n], i=1, \dots, R_\varphi; j=1, \dots, R_\psi; k=1, \dots, R_h; n=1, \dots, R_m$, которых назовем элементарными источниками землетрясений (ЭИЗ)[15,16].

В данной работе предлагается более простой алгоритм создания стохастических каталогов, основанный на представлении сейсмической зоны в виде объединения ЭИЗ: $\Xi^s = \{\Sigma_r\}, r=1, \dots, R_s$, где R_s – число ЭИЗ. Сейсмический режим ЭИЗ становится более однородным в пространстве, в диапазоне магнитуд и во времени. Генерируются равномерно распределенные на интервале (0,1) случайные числа, которые с помощью соответствующих преобразований приводятся к распределению конкретного параметра землетрясений: магнитуда; время возникновения; географические широта и долгота эпицентра, и глубина очага землетрясений. Методами математической статистики определяется теоретическая функция распределения параметров землетрясений, которая служит приближением выборочной функции распределения соответствующих параметров.

Далее генерируется синтетический каталог для каждого ЭИЗ. Итоговый синтетический каталог зоны будет состоять из объединения синтетических каталогов всех ЭИЗ. Для этого достаточно нанести на ось времени моменты возникновения землетрясений в искусственных каталогах ЭИЗ и сохранить в хронологическом порядке соответствующие сведения.

Генератор случайных чисел интегрирован в пакет прикладных программ языка программирования ФОРТРАН.

Выводы

В качестве примера, расчет сейсмического риска осуществлен для некоторого абстрактного города «Сейсмоград», который находится в зоне воздействия румынских землетрясений. Были определены характеристики сейсмического риска: распределение вероятности интенсивности сейсмических толчков 4, 5, ..., 9 баллов шкалы МСК-64 в г. Сейсмоград; возможный размер ущерба при возникновении одного землетрясения; средний объем ущерба за период времени 475 лет.

Разработан алгоритм составления стохастического каталога землетрясений с помощью Монте–Карло моделирования. Для этого геофизическое пространство, которое занимает сейсмическая зона, разбито на подпространства, именуемые элементарными источниками землетрясений. Синтетический каталог составляется для каждого ЭИЗ. Из совокупности отдельных ЭИЗ-каталогов в хронологическом порядке составляется итоговый каталог.

Литература

1. Crowley Helen, An investigative study on the modelling of earthquake hazard for loss assessment, An Individual Study Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Doctor of Philosophy Degree in Earthquake Engineering, Universita degli Studi di Pavia, 2005, 85.
2. Eugster S., Ruttener E. and Liechti D., The risk premium distribution (annual average loss) with respect to earthquake magnitude, XXIV European Geophysical Society General Assembly, The Hague, The Netherlands, 1999.
3. Hardebeck L. Jeanne, Felzer R. Karen and Michael J. Andrew, Improved tests reveal that the accelerating moment release hypothesis is statistically insignificant, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 113, 2008, 19.
4. Ikeda Nancy, staffwww.fullcoll.edu/.../ikedaabstract.htm, 2010.
5. Ismail–Zadeh A.T., Keilis–Borok V.I., Soloviev A.A., Numerical modelling of earthquake flow in the southeastern Carpathians (Vrancea): effect of a sinking slab, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Volume 111, Issues 3–4, 1999, 267–274.
6. Kagan Y., Likelihood analysis of earthquake catalogues, Geophys. J. Int., 1991, 135–148.
7. Kagan Y., Earthquake Size Distribution: Power–Law with Exponent, Department of earth and Space Sciences, University of California, Los Angeles, 2001, 53.

8. Milutinovic Zoran, Improvements in the Harmonized Seismic Hazard Maps for the Western Balkan Countries, SfP 984374, Improvements and Harmonization of Macedonian Earthquake Catalogue, 2nd Project Workshop, Belgrade, 2013, 15.
9. Russell Robinson, Russell Van Dissen and Litchfield Nicola, Using Synthetic Seismicity to Evaluate Seismic Hazard in the Wellington Region, New Zealand, GNS Science, 2009, 67.
10. Zolfaghari M.R., Earthquake loss estimation model for southern Europe, Proceedings of 6th International Conference on Seismic Zonation, 2000.
11. Sigbjornsson Ragnar, Baldvinsson Gunnar, Thrainsson Hjörtur. The mapping of seismic hazard using stochastic simulation and geographic information systems, Elsevier Science LTD paper, No. 710, 1996, 1–8.
12. Naylor M., Greenhough J., McCloskey J., et al., Statistical evaluation of characteristic earthquakes in the frequency magnitude distributions of Sumatra and other subduction zone regions, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 36, 2009, 1-5.
13. Musson, R.M.W., Determination of design earthquakes in seismic hazard analysis through Monte Carlo simulation, Journal of Earthquake Engineering, 1999, 463–474.
14. Weatherill Graeme A. and Burton Paul W., The Application of Multiple Random Earthquake Simulations to Probabilistic Seismic Hazard Assessment in the Aegean Region, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology Geneva, Switzerland, 2006, 1-10.
15. Буртиев Р. З., Вероятностный анализ сейсмической опасности территории Молдовы и сопредельных районов, Геофизический журнал № 6, Т. 37, 2015, 124-130.
16. Burtiev Rashid, Alcaz Vasile, Cardanets Vladlen, Probabilistic Seismic Hazard Analysis on the Base of the Stochastic Models of Seismicity, Indian Journal of Applied Research, V. 6, Issue 8, 2016, 454-466.
17. Гусев А.А., Шумилина Л.С., Повторяемость сильных землетрясений Камчатки в шкале моментных магнитуд, Физика Земли №3, 2004, 34–42.

Primit la redactie – 19 decembrie 2016

УДК 550.348.096.64

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.

Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года

Abstract

The article presents data on manifestation of September 23, 2016 earthquake. As a result the intensity distribution map of this earthquake in Romania, Moldova, Ukraine, Bulgaria and Serbia is plotted. Various solutions of the earthquake focal mechanism are given.

Keywords: *Vrancea zone, macroseismic data, isoseismal map, focal mechanism.*

Rezumat

Articol prezintă datele instrumentale și macroseismice ale cutremurului din 23 septembrie 2016, care s-a manifestat pe teritoriul Republicii Moldova. Rezultatele sunt prezentate în forma de harta macroseismică cu intensitate în România, Moldova, Ucraina, Bulgaria și Serbia. Conține materiale de cercetare a mecanismelor focale de cutremur și tabele cu valori de intensitate.

Cuvinte cheie: *regiunea Vrancea, date macroseismice, harta intensității, mecanism focal.*

Резюме

Статья посвящена землетрясению 23 сентября 2016 г., которое ощущалось на территории Республики Молдова. Описан макросейсмический эффект на территории Румынии, Молдовы, Украины, Болгарии и Сербии. Представлены варианты решения механизма очага и карта распределения интенсивности этого землетрясения.

Ключевые слова: *зона Вранча, макросейсмические данные, карта изосейст, механизм очага.*

Традиционно ощутимые в Республике Молдове землетрясения возникают за её пределами, в области Вранча, в Румынии. Землетрясение 23 сентября 2016 г. произошло в 2^h 11^m по местному времени. Землетрясение сильнее всего проявилось в восточной и южной частях Румынии, а также существенно отмечалось на севере Болгарии, в Молдове, на юго-западе Украины. Ощущалось в Сербии и Македонии. Отголоски землетрясения дошли до Стамбула (Турция) на юге, Тираны (Албания) на западе, до Гомеля (Белоруссия) на севере и до Мариуполя (Украина) на востоке от эпицентра.

Событие схожего уровня магнитуды произошло 31 мая 1990 г. и 27 октября 2004 г.

В таблице 1 приведены региональные параметры гипоцентра землетрясения по данным Центра мониторинга ИГС АНМ (MOLD), в сопоставлении с результатами обработки различных сейсмических служб мира [1,2]. Видно, что все определения, как и представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0,1°. Глубины очага варьируют в диапазоне 82-96 км.

Таблица 1.

Основные параметры землетрясения 23 сентября 2016 г.
по данным различных агентств

Время t_0 ч м с	φ°	λ°	h, км	Магнитуда M	Агентство
02 11 20,06	45,81	26,56	90	$M_b=5,7$ $M_D=5,8$	MOLD
02 11 20	45,71	26,62	91,6	$M_l=5,3$ $M_w=5,7$	BUC
23 11 20,2	45,71	26,62	92	$M_w=5,7$	CSEM
23 11 24	45,8	26,6	85	$M_w=5,7$	GCMT
23 11 20	45,7	26,5	82	$M_w=5,7$	IPGP
23 11 20	45,7	26,5	96	$M_w=5,7$	USGS
23 11 20	45,7	26,5	90	$M_w=5,6$	GFZ

Для описания макросейсмического эффекта использовался материал, собранный по республике и окружающим странам.

Телефон на сейсмической станции «Кишинев» звонил непрерывно, и взволнованные жители сообщали о проявлении колебаний во всех районах и на всех этажах зданий. Многие спящие просыпались, некоторые жители нижних этажей покидали помещение. Наблюдалось раскачивание висячих предметов, дребезжание стекол, падение неустойчивых предметов. Ощутили 1-2 толчка, чувствовали покачивание. Перед землетрясением слышался гул, Беспokoились животные.

Землетрясение не привело к материальному ущербу и жертвам. Как заявила для "Radio Chișinău" официальный представитель пресс-секретарь Службы гражданской защиты и чрезвычайных ситуаций Лилиана Пушкашу, были зарегистрированы временные отключения в электрических сетях в районах Кагул и Кантемир, которые были восстановлены. Также были затруднения в деятельности насосных станций "Ара-Сапал" в коммуне Тогатин, муниципии Кишинев. Лилиана Пушкашу отметила, что не зарегистрировано нарушений в магистральных сетях и в локальных газовых и канализационных сетях. [3]

На юге страны эффект землетрясения был сильнее. На юго-западе Молдовы в городах Кагул и Леово большинство жителей проснулись. Перед землетрясением слышался гул, словно по улице проходил тяжело груженный транспорт. В домах качались люстры, лампочки, звенели оконные стёкла. Дребезжали двери, окна. Слышался скрип пола. Животные беспокоились. Многие люди вышли во двор, где также ощущали колебания в течение нескольких секунд [2].

Тирасполь, 24 сентября. (ИА «Новости Приднестровья»). Минувшей ночью жители республики могли ощутить сильные толчки. Землетрясение произошло в 02:11. В Приднестровье сила толчков составила примерно 5 баллов по шкале Рихтера.

Как сообщили корреспонденту ИА «Новости Приднестровья» в Штабе гражданской защиты ПМР, разрушений и жертв среди населения нет. Все службы работают в нормальном режиме [4].

В таблице 2 отражены результаты обработки макросейсмической информации о землетрясении в 22 населённых пунктах Молдовы по шкале MSK-64.

Таблица 2.

Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории Молдовы

№ п/п	Населённый пункт	№ п/п	Населённый пункт
	<i>5 баллов</i>	11	Дубоссары
1	Кагул	12	Комрат
2	Леово	13	Новые Анены
	<i>4-5 баллов</i>	14	Оргеев
3	Бендеры	15	Рыбница
4	Кантемир	16	Ставчены
5	Кишинёв	17	Твардица
6	Тирасполь	18	Унгены
	<i>4 балла</i>	19	Яловены
7	Бельцы		<i>3-4 балла</i>
8	Бубуечь	20	Оланешты
9	Григориополь	21	Варваровка
10	Днестровск	22	Дондюшаны

В Румынии максимальная интенсивность в 6 баллов по шкале Меркалли отмечена в Бузэу. В Бакэу, Бырладе, Онешть, Тыргу-Окна и Яссах сотрясения достигали 5 баллов. В Бухаресте колебания были 4-балльными.

Серьёзную травму получил запаниковавший житель города Яссы, который прыгнул с балкона и сломал ногу. Пожилая женщина ранена в собственном доме. Жители Ясс из-за боязни повторения новых толчков провели несколько часов на улице. В городе Чуря в нескольких километрах от Ясс упали куски кирпичей в верхней части башни завода, никто не пострадал. Башня построена более 100 лет назад и является историческим памятником индустриального наследия [5].

В табл. 3 представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 23 сентября в населённых пунктах Румынии по данным [1, 2].

Таблица 3.

Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории Румынии

№ п/п	Населённый пункт	№ п/п	Населённый пункт
	<i>6 баллов</i>		<i>4 балла</i>
1	Бузэу	18	Александрия
	<i>5 баллов</i>	19	Ботошаны
2	Бакэу	20	Бухарест
3	Бырлад	21	Джурджу
4	Онешть	22	Зырнешть
5	Тыргу-Окна	23	Констанца
6	Чуря	24	Крайова
7	Яссы	25	Сучава
	<i>4-5 баллов</i>	26	Сфынту Георге
8	Брашов	27	Чернавода
9	Брэила		<i>3-4 балла</i>
10	Галац	28	Дорохой
11	Ковасна	29	Пашкань
12	Кэлэрашь	30	Фэгэраш
13	Пантелеймон		<i>3 балла</i>
14	Рошиорь-де-Веде	31	Буфтя
15	Тыргу-Фрумос	32	Дробета-Турну-Северин
16	Фокшаны	33	Морень
17	Плоешть	34	Тыргу-Сэкуеск

Землетрясение ощущалось практически на всей территории Украины.

Газета «Сегодня» от 26.09.2016. В Днепре и Кривом Роге спасатели зарегистрировали 30 звонков от обеспокоенных граждан, одна из жительниц южной части города Киева увидела, как громадный шкаф сдвинулся с места, а камеры видеонаблюдения в Харьковской области запечатлели, как трясётся шифер на крышах домов. Одесская область – 4-5 баллов; Черновицкая, Киевская и Харьковская – 3 балла, Днепропетровская – 2-3 балла.

В районе Рени в Одесской области были зафиксированы толчки в 4—5 баллов, в самой Одессе — около 4-х, а в Киеве — около 3-х, — рассказал нам замдиректора по научной работе Института геофизики НАН Украины Александр Кендзера [6].

Жители некоторых городов Украины ощутили подземные толчки. При этом пользователи в социальных сетях сообщают, что довольно сильные подземные толчки ощущались в Киеве, Днепропетровске, Одессе, Херсоне, Запорожье, Кривом Роге, Виннице и других городах Украины

В Киеве подземные толчки ощутили практически во всех районах. На страничке «Киев автомобильный» делятся впечатлениями жители с Оболони, Академгородка, Севастопольской площади, Троещины. Качало кровати, дребезжала посуда, у многих проснулись домашние животные. Толчки ощущались

в здании редакции 112.иа. Около минуты качало пол, потрескивали стены. Землетрясение также ощущали жители Ирпня, Винницы, Днепропетровска, Мариуполя.

Толчки ощущали жители Киева, Броваров, Кропивницкого, Одессы, Винницы, Черновцов и других городов. Жители Одессы ощутили подземные толчки в 2:13. В домах трясло мебель и шатались люстры, пишет "Первый городской" [7].

В таблице 4 представлены значения интенсивности в населенных пунктах Украины.

Таблица 4.

Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории Украины

№ п/п	Населённый пункт	№ п/п	Населённый пункт
	<i>4-5 баллов</i>	18	Белая Церковь
1	Измаил	19	Днепродзержинск
2	Рени	20	Днепропетровск
	<i>4 балла</i>	21	Запорожье
3	Арциз	22	Збараж
4	Килия	23	Коростень
5	Котовск	24	Кривой Рог
6	Одесса	25	Липовец
	<i>3-4 балла</i>	26	Луцк
7	Винница	27	Ружин
8	Житомир	28	Хмельницкий
9	Киев	29	Чернигов
10	Кировоград		<i>2-3 балла</i>
11	Николаев	30	Буча
12	Умань	31	Елизаветовка
13	Херсон	32	Ирпень
14	Черкаскы	33	Кременчуг
15	Черновцы	34	Куриловка
16	Южноукраинск	35	Львов
	<i>3 балла</i>	36	Мариуполь
17	Александрия	37	Харьков

По сообщению Национального института геофизики, геодезии и картографии при АН Болгарии землетрясение ощущалось населением на большей части территории Болгарии, в том числе в городах Русе, Силистра, Разград, София, Варна, Пловдив, Монтана, Шумен, Плевен и даже в Бургасе [8].

По информации агентства „Фокус”, землетрясение ощутили жители Шумена, Силистры, Плевена, Русе и Велико-Тырново. По информации БТВ, землетрясение на территории Болгарии ощущалось около 30-40 секунд и его также заметили живущие на высоких этажах в Софии, Бургасе, Пловдиве и Варне [9].

В таблице 5 представлены значения интенсивности в населенных пунктах Болгарии.

Таблица 5.

Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории Болгарии

№ п/п	Населённый пункт	№ п/п	Населённый пункт
	<i>4 балла</i>	17	Св-св. Константин-и-Елена
1	Силистра	18	Лясковец
	<i>3-4 балла</i>	19	Плевен
2	Русе	20	Велико-Тырново
3	Разград	21	Бургас
4	Свиштов	22	Несебыр
5	Шумен	23	Стара-Загора
6	Варна	24	София
	<i>3 балла</i>		<i>2-3 балла</i>
7	Добрич	25	Габрово
8	Ведрина	26	Червен-Бряг
9	Попово	27	Сливен
10	Полски-Трымбеш	28	Монтана
11	Тырговиште	29	Громшин
12	Албена	30	Казанлык
13	Шабла	31	Враца
14	Каварна	32	Берковица
15	Омуртаг	33	Пловдив
16	Трыстеник	34	Дупница

Лента RSS Волны от мощного землетрясения в Румынии, которое произошло ночью 24 сентября, дошло до Беларуси. Обеспокоенные подземными толчками жители Гомеля позвонили в МЧС. При этом спасатели сообщили, что каких-либо разрушений или чрезвычайных ситуаций ни в Гомеле, ни в других регионах Беларуси не произошло [10].

Таблица 6.

Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории стран Европы.

№ п/п	Населённый пункт	Страна
	<i>2-3 балла</i>	
1	Кладово	Сербия
2	Неготин	Сербия
3	Ниш	Сербия
4	Крушевац	Сербия
5	Стамбул	Турция
6	Скопье	Македония
7	Гомель	Белоруссия
8	Севастополь	Россия
	<i>2 балла</i>	
9	Кралево	Сербия
10	Лесковац	Сербия
11	Тирана	Албания

На основе таблиц 2-6 была построена сводная карта изосейст землетрясения 23 сентября 2016 г. (Рис.1).

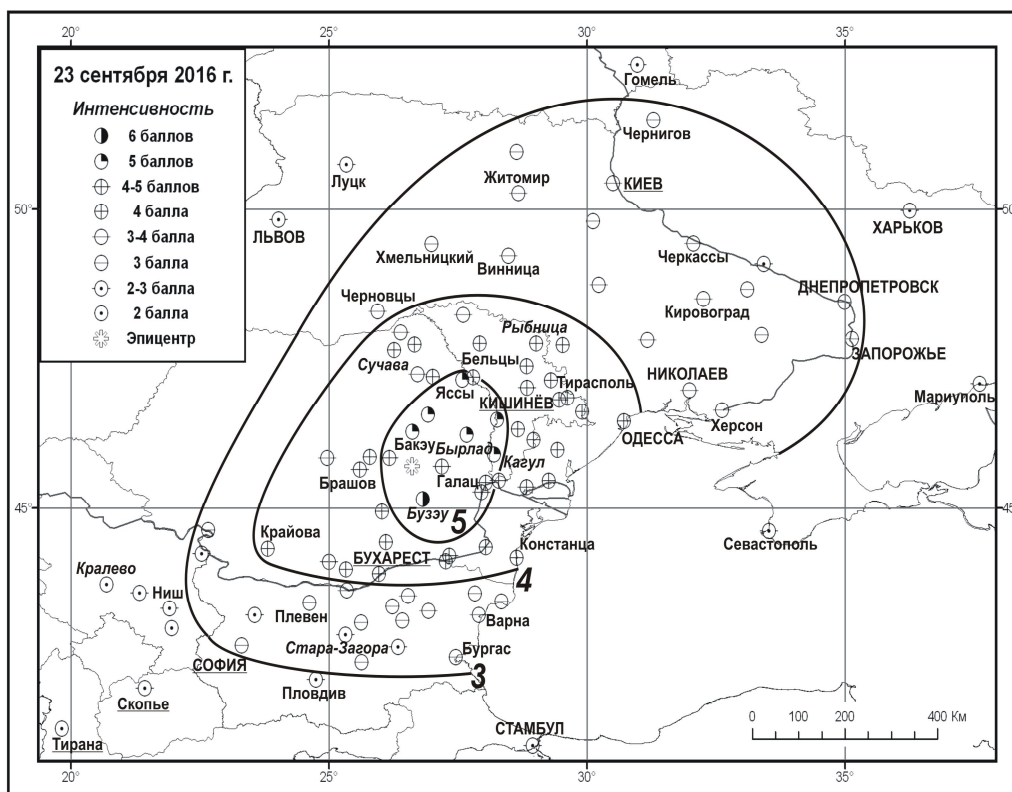


Рис. 1. Карта изосейст землетрясения 23 сентября 2016 года.

Изолиния $I=5$ баллов окружает территорию юго-восточной Румынии и юго-запад Молдовы. Линия интенсивности в четыре балла проходит по линии Констанца-Бухарест-Крайова на юге. Вся территория Молдовы и юго-запада Украины вошла в 4-хбалльную зону. На западе от эпицентра, как характерно для изосейст промежуточных землетрясений, наблюдается ограничение уровня интенсивности Карпатской горной дугой. На юго-западе ограничением служат горы Стара Планина. Слабое затухание балльности наблюдается в северо-восточном направлении (Рис.1).

Для землетрясения 23 сентября получено региональное решение механизма очага по методу первых вступлений Р-волн и с помощью тензора момента центроида ВУС [11]. Кроме того, имеется решение механизмов очагов по данным агентства MED GCMТ, IPGP, USGS, GFZ [2]. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу (Табл. 7, рис. 2).

Таблица 7.
 Параметры механизма очага землетрясения 23 сентября 2016 г.
 по данным различных сейсмологических агентств

Агент- ство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
	P		N		T		NP1			NP2		
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
GCMT	13	36	2	306	78	220	128	33	92	305	57	89
IPGP	12	40	2	307	80	219	128	35	91	306	55	89
USGS	14	37	4	126	76	231	119	31	79	310	58	96
GFZ	10	32	4	311	76	162	135	35	98	306	55	84
BUC	13	49	4	318	77	248	133	32	82	323	58	95

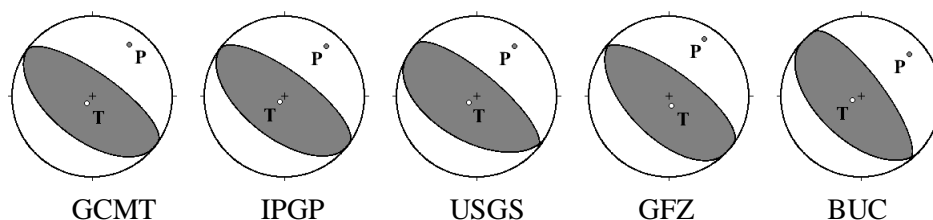


Рис. 2. Стереодиаграммы механизмов очагов землетрясения 23 сентября 2016 года в проекции нижней полусферы.

1 - X - нодальные линии, 2,3 - o – оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T) соответственно. Зачернена область волн сжатия.

Решения механизма по данным различных служб мира согласуются между собой. Ось растяжения T близвертикальна (DP=76-80°), ось сжатия P близгоризонтальна (DP=10-14°), ее направление северо-восток - юго-запад. Обе нодальные плоскости ориентированы в направлении северо-запад – юго-восток. Одна из них (рабочая) наклонная (DP=31-33°), другая крутая (DP=55-58°). Тип подвижки надвиговой. Нодальная плоскость параллельна простирацию Восточных Карпат (STK=119-135°).

Выводы

Землетрясение 23 сентября 2016 г. явилось наиболее важным сейсмическим событием за последние 12 лет наблюдений в Карпатском регионе. Очаг его приурочен к северо-восточной части фокальной зоны Вранча и глубине порядка 90 км. Механизм очага является типичным для промежуточных очагов области Вранча. Силы сжатия направлены вкост простираания Восточных Карпат. Северо-восточный борт разрыва надвигается на юго-восточный борт.

Интенсивность колебаний на территории Молдовы достигала 5 баллов. Карта изосейст землетрясения построена по данным наблюдений в 138 населённых пунктах территории Европы.

Литература

1. Institutul Național pentru Fizica Pamântului C.P. MG-2. Bucuresti - Magurele. România. <http://www1.infp.ro/arhiva-in-timp-real/>
2. EMSC. Earthquake information Euro-Med seismicity. Real Time Seismicity <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
3. Moldova după cutremur. <http://www.timpul.md/articol/moldova-dupa-cutremur--98180.html>
4. В Приднестровье произошло сильное землетрясение. ИА «Новости Приднестровья» от 24.09.2016. <http://novostipmr.com/ru/news/16-09-24/v-pridnestrove-proizoshlo-silnoe-zemletryasenie>
5. Cutremur puternic in Romania - s-a resimtit in Bucuresti, Iasi, Craiova. <http://www.ziare.com/stiri/cutremur/cutremur-de-5-6-grade-in-romania-1437446>
6. Газета «Сегодня» от 26 09 2016. Киев. Жители Украины ощутили землетрясение, его эпицентр – в Румынии. <http://www.pravda.com.ua/rus/news/2016/09/24/7121620/>
7. Румынию всколыхнуло землетрясение. <http://pogoda.unian.net/news/1537861-rumyniyu-vskolyhnulo-zemletryasenie-magnitudoy-5-6-tolchki-oshchushchalis-v-ukraine.html>
8. Сильное землетрясение в Румынии ощущалось и в Болгарии. <http://www.bourgas.ru/silnoe-zemletryasenie-v-rumynii/>
9. Сильное землетрясение в Румынии – Русская Болгария. <http://rus.bg/proisshestvija/proisshestvija/16984-silnoe-zemletryasenie-v-rumynii-oshchushchalos-i-v-bolgarii>
10. Волны от землетрясение в Румынии дошли до Гомеля. <http://www.belta.by/incident/view/volny-ot-zemletrjasenija-v-rumynii-doshli-do-gomelja-211621-2016/>
11. Raport cutremur 24.09.2016 Zona Vrancea http://www.infp.ro/wp-content/uploads/2016/09/2016_09_24.pdf

Primit la redactie – 16 decembrie 2016

УДК 550.348.096.64

Карданец В.Ю.

Особенности макросейсмического проявления карпатских землетрясений в зависимости от механизма и глубины очага

Abstract

The article is devoted to the comparative analysis of two significant Carpathian earthquakes: November 22nd, 2014 and September 23rd, 2016 felt in the Republic of Moldova. Both events have approximately equal magnitude $M_w=5.7$ and different focal depth. Various solutions of focal mechanisms and maps of the intensity distribution of these earthquakes are presented.

Keywords: *macroseismic data, focal mechanism, Vrancea zone, isoseismal map.*

Rezumat

Articolul propune analiza comparativă a celor două cutremure carpatice semnificative: 22 noiembrie 2014 și 23 septembrie 2016, manifestate pe teritoriul Republicii Moldova. Ambele evenimente au magnitudinea aproximativ egală $M_w=5.7$ și adâncimea focală diferită. Sunt prezentate soluții diverse ale mecanismelor focale și hărțile cu distribuția intensității seismice.

Cuvinte cheie: *date macroseismice, mecanism focal, regiunea Vrancea, harta intensității.*

Резюме

В статье сделан сравнительный анализ двух значительных карпатских землетрясений: 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г., которые ощущались на территории Республики Молдовы. Оба события примерно одинаковой магнитуды $M_w=5,7$, но очаги их расположены на разных уровнях глубин. Представлены различные решения механизмов очагов и карты распределения интенсивности этих событий.

Ключевые слова: *макросейсмические данные, механизм очага, зона Вранча, карта изосейст.*

Сейсмическая опасность территории Республики Молдовы определяется влиянием как промежуточных землетрясений (60-180 км) области Вранча в изгибе Карпатской дуги, так и коровыми землетрясениями (0-60 км), происходящими в юго-восточной части Румынии (Предкарпатье и дельта Дуная) и в зоне Чёрного моря.

Макросейсмическая картина для коровых землетрясений Карпатского региона имеет определенные закономерности. Максимальная интенсивность сотрясений фиксируется в ближайших от эпицентра населённых пунктах, с расстоянием макросейсмический эффект довольно быстро убывает. Первые изосейсты повторяют форму очага. Как правило, макросейсмический эпицентр близок с инструментально определённым или же совпадает с ним.

Для крупных землетрясений промежуточной глубины области Вранча имеет место несовпадение макросейсмического эпицентра плейстосейстовой зоны с инструментально определённым эпицентром. Для этих землетрясений наблюдается нетипичный эффект: более значительному воздействию подвергались населенные пункты, расположенные к востоку от инструментального эпицентра.

Представляет интерес сравнительный анализ двух крупных землетрясений Карпатского региона с примерно одинаковой магнитудой, близкими координатами эпицентра, но с разными этапами глубин очага. В этой работе рассмотрим землетрясения 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г., которые ощущались на территории Республики Молдова (табл. 1).

В таблице 1 приведены параметры времени, координат, гипоцентров и магнитуды землетрясений 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г. по данным основных сейсмических служб мира [1-3].

Таблица 1.

Основные параметры землетрясений 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г. по данным различных агентств [1-3].

Дата	Время t_0 ч м с	φ°	λ°	h, км	Магнитуда M	Агентство
22 11 2014	19 14 17	45,86	27,15	41	$ML=5,7$	BUC
	19 14 17	45,91	27,24	16	$M_w=5,8$	CSEM
	19 14 17	45,86	27,16	41	$M_w=5,5; Mb=5,6$	NEIC
	19 14 18	45,80	27,17	25	$M_w=5,7$	GCMT
23 09 2016	02 11 20	45,81	26,56	90	$Mb=5,7; MD=5,8$	MOLD
	02 11 20	45,71	26,62	91,6	$Ml=5,3; M_w=5,7$	BUC
	23 11 20	45,71	26,62	92	$M_w=5,7$	CSEM
	23 11 24	45,8	26,6	85	$M_w=5,7$	GCMT

Из таблицы 1 следует, что исследуемые события произошли на одинаковой широте, что показано на рисунке 1. Эпицентр корового землетрясения расположен к востоку от промежуточного примерно на $0,5^\circ$ по долготе и не относится к области Вранча. Магнитуда у обоих событий $M_w = 5,7$.

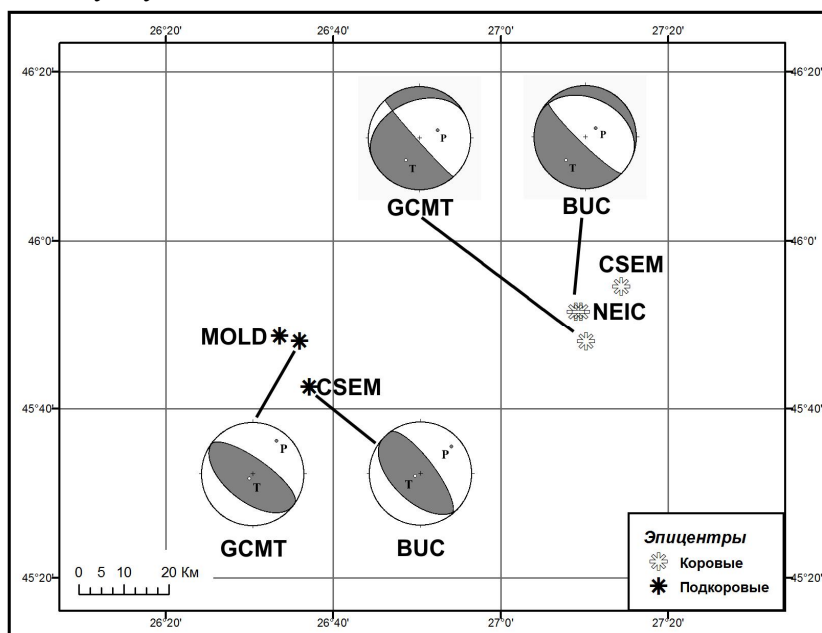


Рис. 1. Сравнение эпицентров землетрясений 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г.

Землетрясение 22 ноября 2014 г.

Землетрясение 22 ноября 2014 года оказалось наиболее значительным коровым событием за инструментальный период наблюдений. Сеть сейсмических станций Румынии отметила 75 афтершоков в течение 72 часов с наибольшей магнитудой $M = 3.1$ в интервале глубин 16-47 км. Землетрясения в данной зоне продолжались вплоть до 19 января 2015 г. Наибольшим был афтершок 7 декабря с $ML = 4.5$. Очаги связаны с активизацией разлома Печеняга-Камена. Землетрясение ощущалось в Румынии и соседних странах: Болгарии, Молдове, Украине [1-3].

Событие 22 ноября было рассмотрено в работах [4-5]. Были собраны и обработаны макросейсмические данные (90 пунктов-баллов) на территории Румынии, Молдовы, Украины и Болгарии. На их основе построена карта изосейст землетрясения, представленная на рисунке 2.

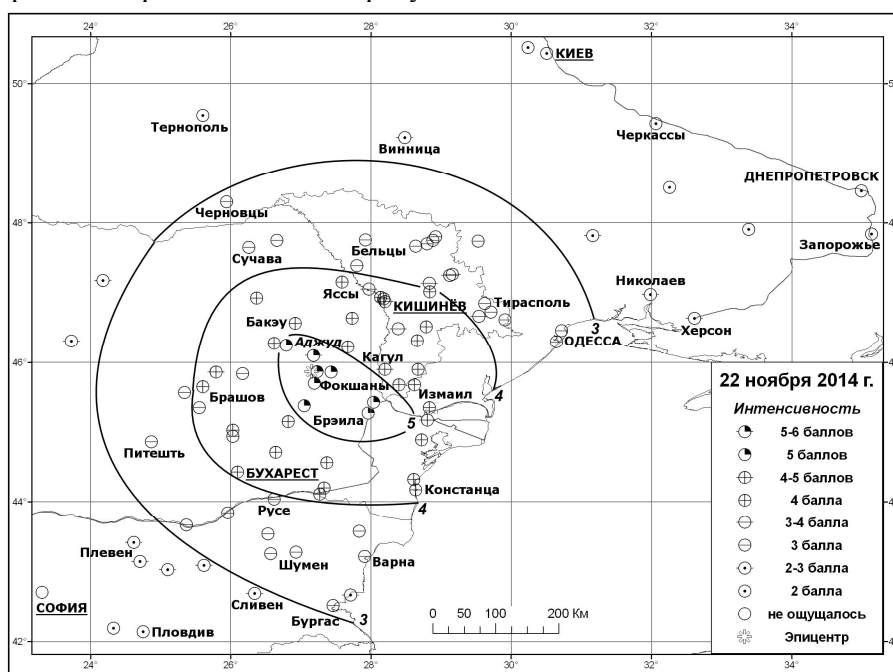


Рис. 2. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 22 ноября 2014 г.

Интенсивность в эпицентре достигала 5-6 баллов. Изолиния в 5 баллов имеет овальную форму, вытянутую параллельно разлому Печеняга-Камена. 4-балльные колебания охватывают юго-западную часть территории Молдовы и Украины. На северо-востоке от эпицентра изолиния $I = 3$ балла проходит вдоль дуги Одесса-Винница-Черновцы. На юге – по линии Бургас-Сливен-Свиштов.

Землетрясение 23 сентября 2016 г.

Землетрясение промежуточной глубины, по данным различных агентств в пределах 82-96 км произошло 23 сентября 2016 г. в области Вранча в 23^h 11^m по всемирному времени. Событие такого уровня магнитуд произошло 27 октября 2004 г. Землетрясение сильнее всего проявилось в восточной и южной частях

Румынии, а также существенно отмечалось на севере Болгарии, в Молдове, на юго-западе Украины. Ощущалось в Сербии и Македонии. Отголоски землетрясения дошли до Стамбула (Турция) на юге, до Тираны (Албания) на западе, до Гомеля (Белоруссия) на севере, до Харькова и Мариуполя (Украина) на востоке от эпицентра. Подробные макросейсмические данные и карта изосейст приведены в другой статье настоящего Бюллетеня (*Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.* Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года).

Изолиния $I = 5$ баллов окружает территорию юго-восточной Румынии и юго-запад Молдовы. Изосейста в четыре балла проходит по линии Констанца-Джурджу-Крайова на юге. Также вся территория Молдовы и юго-запад Украины (Одесская область) вошли в 4-балльную зону. Территория 3-балльной интенсивности ограничена дугой Запорожье-Чернигов-Житомир на северо-востоке и Бургас-Пловдив-София на юге.

Сравнение землетрясений

На рисунке 3 показана сводная карта изосейст двух исследуемых землетрясений. Из рисунка видно заметное различие площадей территорий, охваченных колебаниями слабой интенсивности $I = 3$ балла. В случае корового события граница ощущаемости доходит до Южного Буга. Для промежуточного события граница доходит до границ России и Белоруссии. При этом на юго-востоке от эпицентров к побережью Чёрного моря, а также на северо-западе изосейсты практически совпадают. Это связано с быстрым затуханием интенсивности из-за многочисленных разломов тектонических структур Добруджи и Карпат.

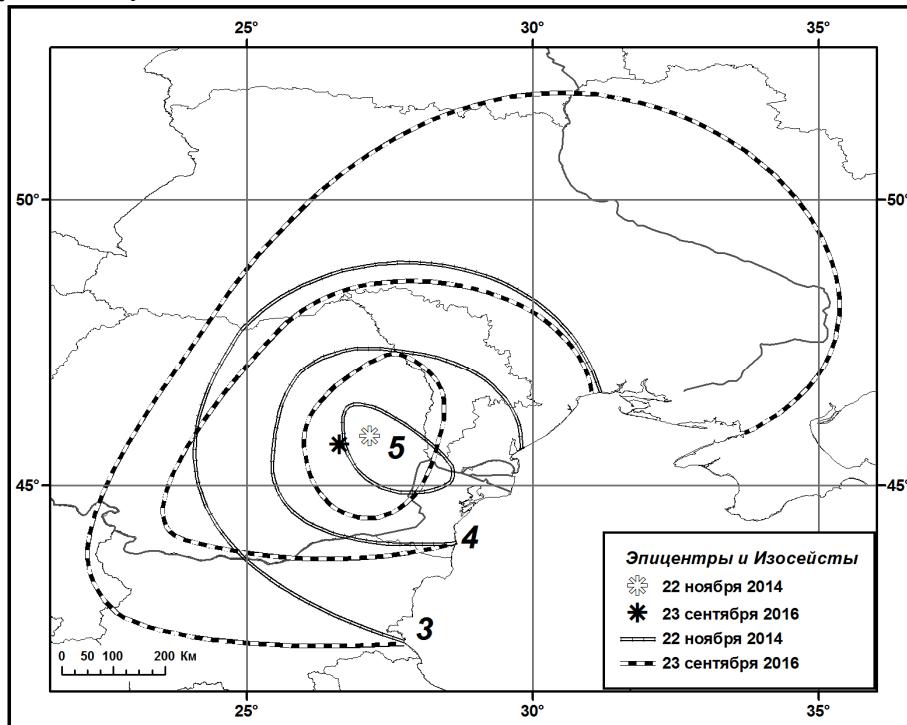


Рис. 3. Сравнение изосейст землетрясений 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г.

На рисунке 54 показана зависимость интенсивности от эпицентрального расстояния в направлении на северо-восток от эпицентра (азимут на Кишинёв) для двух типов землетрясений с близкими значениями магнитуд очагов. Глубокое залегание очагов обуславливает большую территорию, охваченную сотрясениями.

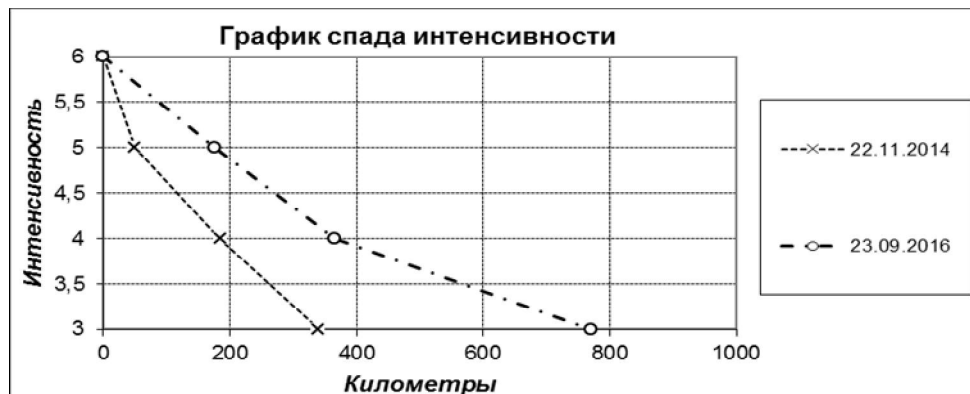


Рис. 4. График спада интенсивности в направлении Кишинёва землетрясений 22 ноября 2014 г. и 23 сентября 2016 г.

Рассмотрим особенности решений механизмов очагов двух землетрясений.

В каталоге BUC [2] и информационном сообщении ИОЦ ГС РАН [7] имеется решение механизма очага землетрясения 22 ноября по методу первых вступлений *P*-волн. Одна из плоскостей крутая, вторая возможная плоскость пологая. Движение в очаге возникло под действием растягивающих напряжений.

Приведены также тензорные механизмы очага по методу тензора момента центраида по данным MED, GCMT [1], USGS, IPGP, INGV [7]. Для землетрясения 2016 г. имеется решение механизмов очагов с помощью тензора момента центраида по данным агентства MED GCMT, IPGP, USGS, GFZ, BUC [1, 3]. Решения представлены в табличном (табл. 2) и в графическом виде (рис. 5-6) в проекции нижней полусферы.

Таблица 2.

Параметры механизмов очагов карпатских землетрясений 2014 и 2016гг.

№	Дата	Плоскость			Плоскость			Напряжения						Источник
		NP1			NP2			P		B		T		
		Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl	Az	Pl	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	22 11 2014	134	76	-86	295	15	-106	50	60	311	5	220	30	BUC
2		138	58	-39	251	58	-141	105	49	284	41	14	0	ИОЦ ГС РАН
3		148	80	-44	248	47	-166	98	37	318	45	205	21	NEIC
4		148	89	-57	238	33	-179	82	45	304	30	215	36	IPGP
5		140	82	-72	247	30	-162	82	56	316	78	210	30	INGV
6		144	87	-80	252	11	-162	65	47	324	10	225	41	MED
7		140	84	-74	249	17	-160	67	48	318	16	216	37	GCMT
8	23 09 2016	128	33	92	305	57	89	13	36	2	306	78	220	GCMT
9		128	35	91	306	55	89	12	40	2	307	80	219	IPGP
10		119	31	79	310	58	96	14	37	4	126	76	231	USGS
11		135	35	98	306	55	84	10	32	4	311	76	162	GFZ
12		133	32	82	323	58	95	13	49	4	138	77	248	BUC

Для корового землетрясения 2014 г. решения по данным разных центров подобны. Во всех случаях одна из нодальных плоскостей наклонена к горизонту близвертикально. Тип движения – левосторонний сдвиг с компонентами сброса. Другая альтернативная плоскость залегает как полого, так и под большим углом. Простираение крутой плоскости согласуется с направлением разрыва Печеняга-Камена.

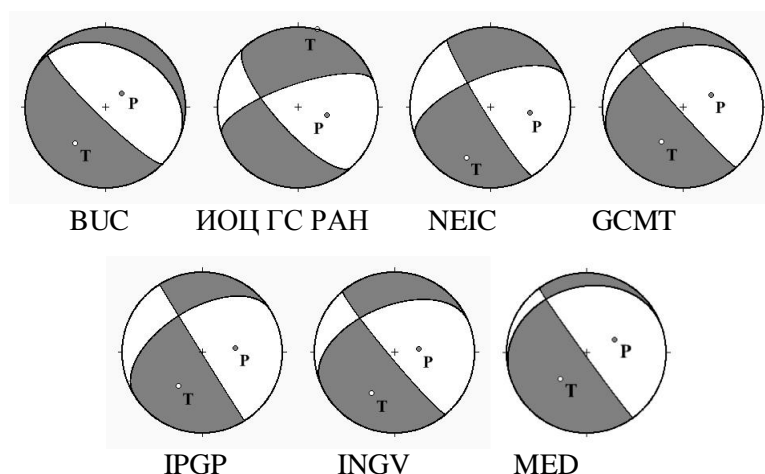


Рис. 5. Стереогаммы механизмов очагов землетрясения 22 ноября 2014 года в проекции нижней полусферы.

1 - X - нодальные линии, 2,3 - o - оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T) соответственно. Зачернена область волн сжатия.

Для события 2016 г. решения механизма согласуются между собой. Ось растяжения *T* близвертикальна, ось сжатия *P* близгоризонтальна. Обе нодальные плоскости ориентированы в направлении северо-запад – юго-восток. Одна из них (рабочая) наклонная, другая крутая. Тип подвижки надвиговой. Нодальная плоскость параллельна простираению Восточных Карпат.

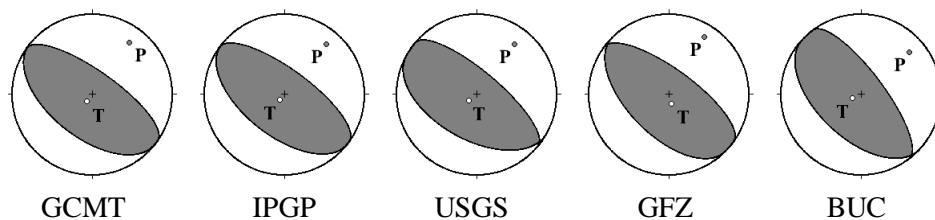


Рис. 6. Стереогаммы механизмов очагов землетрясения 23 сентября 2016 года в проекции нижней полусферы.

1 - X - нодальные линии, 2,3 - o - оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T) соответственно. Зачернена область волн сжатия.

Выводы

Макросейсмический и инструментальный эпицентр для корового землетрясения района Рымникул-Сэрат совпадают. Для промежуточного землетрясения наблюдается отклонение инструментального очага от макросейсмического. При землетрясении 2016 г. область максимальных сотрясений смещена к северо-востоку от эпицентра.

Так как распространению сейсмических волн в северо-западном и юго-восточном направлениях препятствуют многочисленные разломы, затухание в этих направлениях происходит примерно одинаково. А в северо-восточном и юго-западном направлениях затухание интенсивности от землетрясений промежуточной глубины происходит гораздо медленнее. Поэтому ощутимые сотрясения от них охватывают намного большие площади территорий, чем от коровых землетрясений.

В центре стереограмм промежуточных землетрясений находится область сжатия, зачерненная (рис. 6), тогда как для корового очага (рис. 5) в центре располагается область разрежения.

Механизм очага корового землетрясения носит сдвиго-сбросовый характер, а механизм промежуточного вранчского очага – надвиговый и обусловлен силами сжатия в горизонтальном направлении.

Литература

1. Bulletin of the International Seismological Centre for 1977-2014. – International Seismological Centre, On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk/> Bull, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom.
2. Institutul Național pentru Fizica Pamântului C.P. MG-2. Bucuresti Magurele. România. <http://www1.infp.ro/arhiva-in-timp-real/>
3. EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity. Real Time Seismicity <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
4. Степаненко Н.Я, Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Особенности сейсмического процесса в Карпатском регионе в 2014 году. Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Сер. География. Т. 27(66) №2. Симферополь 2014. С. 152-168.
5. Степаненко Н., Карданец В. Особенности проявления сильнейших коровых и промежуточных землетрясений области Вранча. Buletinul INCERCOM N7 Institutul de cercetări științifice în construcții. Chișinău 2016 - С.86-109.
6. Степаненко Н.Я, Карданец В.Ю. Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года. (см. наст. номер)
7. ИОЦ ГС РАН Информационное сообщение о землетрясении в Румынии 22 ноября 2014 г. http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/ceme/quake_stat.pl?sta=20144272&l=0

Primit la redactie – 27 decembrie 2016

CZU 550.348

Alcaz V., Troian S.

Rețeaua de clădiri reprezentative - element indispensabil în monitorizarea riscului seismic în Republica Moldova

Abstract

Evaluation and monitoring of seismic risk in the Republic of Moldova plays an important role in the country's development strategies. Since the total area of the constructions built in Moldova constitutes tens mln sqm. it is important to develop a Network of Representative Structures, which would be formed of a reduced number of buildings that represent the main physical and structural characteristics of the entire building stock. This article defines the main principles this Network should follow in order to assure good and comprehensive results.

Keywords: seismic risk, vulnerability, network, representative structures.

Rezumat

Evaluarea și monitorizarea continuă a riscului seismic în Republica Moldova este parte indispensabilă a strategiei de dezvoltare social-economică a țării, iar pentru aceasta este nevoie în primul rând de determinat vulnerabilitatea seismică a fondului construit. Pentru că imobilul național acoperă o suprafață de zeci de milioane de metri pătrați este important să fie elaborate metode simplificate de evaluare și monitorizare a vulnerabilității, iar un prim pas în această direcție ar fi crearea Rețelei Naționale de Clădiri Reprezentative. Rețeaua va conține un număr limitat de construcții, dar care vor reprezenta caracteristicile fizice ale întregului fond construit. În articol sunt expuse principiile care ar sta la baza acestei rețele, care ar asigura calitatea sporită a rețelei și caracterul definitiv al întregului spațiu locativ național.

Cuvinte cheie: risc seismic, vulnerabilitate, rețea, clădiri reprezentative.

Резюме

Оценка и постоянный мониторинг сейсмического риска в Молдове являются неразрывными составляющими стратегии социально-экономического развития страны, а для этого требуется в первую очередь определить сейсмическую уязвимость застроенного фонда. Поскольку данный фонд занимает площадь в десятки миллионов квадратных метров, важно разработать упрощенные методы оценки и мониторинга уязвимости, и первым шагом на этом пути стало бы создание национальной сети представительных зданий. Сеть будет содержать ограниченное число строений, но они будут представлять физические характеристики всего застроенного фонда. В статье изложены основные принципы, которые должны лежать в основе сети и которые должны обеспечить должное ее качество.

Ключевые слова: сейсмический риск, уязвимость, сеть, представительные здания.

Introducere

Dezvoltarea durabilă a unei țări depinde de mulți factori, inclusiv de capacitatea de combatere a fenomenelor naturale periculoase. Cutremurul de pământ este unul din aceste fenomene, care poate cauza pierderi materiale, disfuncții ingineresti, haos social, dar cel mai important – pierderi de vieți omenești[1].

Pentru Republica Moldova riscul seismic este determinat de prezența focarului din zona carpatică „Vrancea”. Cele mai puternice manifestări seismice sunt cauzate de focarele care se localizează în scoarța terestră și mantaua în zona arcului Carpatic, cunoscut sub denumirea de masivul Vrancea. Aici, la adâncimi de până la 200 km, se produc cutremure cu magnitudini care uneori depășesc valoarea 7,5 grade după scara Richter. Unele seismice din aceste epicentre se răspândesc în toate direcțiile, acoperind întregul teritoriu al Republicii Moldova și provocând intensități (zguduiri) care, în cele mai grave cazuri, corespund valorilor de 8, și chiar 9 grade, conform scării MSK de 12 grade.

Experiența ultimelor cutremure puternice (4 martie 1977, 30 august 1986, 30 mai 1990) a demonstrat că, și în condiții relativ stabile, cutremurele puternice pot aduce daune considerabile activității economice și sociale a Republicii Moldova. Astfel, datele generalizate privind pierderile Republicii Moldova la cutremurele puternice ale secolului XX demonstrează că cutremurul din 10 noiembrie 1940 ($M=7.4$) s-a soldat cu cel puțin 78 morți, numărul total de clădiri afectate în or. Chișinău a fost 2795, din ele complet distruse - 172. La cutremurul din 4 martie 1977 ($M=7.2$) numărul total de clădiri afectate a atins cifra 11679, din ele complet distruse - 2765. La cutremurul din 30 august 1986 ($M=7.0$) total clădiri afectate - 8184, din ele distruse complet - 1169 [1].

Evaluând datele de mai sus, chiar dacă acestea reprezintă o aproximare iar în unele cazuri sunt incomplete, oricum se poate concluda că cutremurele puternice pot avea consecințe dezastruoase pe teritoriul Republicii Moldova. Este evident faptul că pentru o țară cu o economie fragilă și în curs de dezvoltare cum este Republica Moldova, un eventual eveniment seismic major, similar cu unul din cele menționate mai sus or mai puternic, ar putea stopa procesul de dezvoltare social-economică a țării pentru o perioadă semnificativă de timp, ceea ce ar pune societatea într-o situație critică. Pentru a reduce impactul potențialelor cutremure, evenimentele seismice trebuie analizate și considerate pe diferite scări de timp. Pe durata deceniilor - considerarea (luarea de măsuri) trebuie să țină de elaborarea, perfecționarea codurilor de proiectare și normativelor de construcție. Dacă ne referim la perioade de câțiva ani - măsurile trebuie îndreptate spre informarea și pregătirea socială de un eventual hazard. Pentru perioade și mai scurte, cum ar fi zile sau chiar ore, este primordial să investim în tehnologii de precizie sau transmitere a informației în regim alert, astfel ca fiecare agent economic ori persoană aflate sub risc să fie informate din timp despre un potențial cutremur, iar structurile ingineresti strategic importante să fie pregătite de deconectări de electricitate și stopări tehnologice. În toate aceste cazuri însă, indiferent de segmentul de timp analizat, este necesar un calcul de vulnerabilitate și respectiv risc seismic, pentru că doar astfel poate fi percepută capacitatea distructivă a unui potențial seism și nivelul avansat de pericol la care este expusă populația Republicii Moldova [1].

Date privind fondul construit al Republicii Moldova

Fondul construit al Republicii Moldova constituie circa 79.0 milioane m.p. suprafață de construcție, 38 din care sunt în cele mai mari orașe ale țării. Capitala Chișinău găzduiește 16.6 milioane m.p. Acest fond reprezintă clădiri cu diferite nivele și diverse destinații. Dacă analizăm materialele și tipurile de structuri ale acestor clădiri, putem constata, că aproximativ 92% din clădirile situate în sate și comune sunt construite din materiale locale (argilă, piatră de râu, stuf) și marea majoritate constituie construcții cu un singur nivel. În proporții de circa 2.3% sunt clădiri zidite din blocuri de piatră

naturală (de obicei blocuri din calcar), iar 3.9% reflectă construcțiile din zidărie din cărămidă. Betonul armat a fost utilizat în mai puțin de 1% din cazuri, construcțiile din lemn sunt găsite în număr extrem de mic, iar clădirile din panouri mari nu sunt prezente deloc în sate. Construcțiile realizate din materiale locale se găsesc în proporție de 43% în orașele republicii și 44.3% în Chișinău [2]. Acest număr sporit de clădiri reprezintă edificii construite preponderent fără proiecte sau autorizații de rigoare, executate din materiale care s-au găsit în nemijlocită apropiere, și așa cum demonstrează statistica cutremurelor precedente, ele reprezintă un risc seismic avansat. Numărul clădirilor executate din lemn este foarte mic, atât în Chișinău (0.05%), cât și în restul orașelor țării (0.3%). Clădiri din beton armat sau panouri prefabricate sunt amplasate doar în orașele mari ale țării și, de regulă, acestea constituie edificii înalte. Importantă diferență depistată este în numărul edificiilor realizate din panouri mari prefabricate din beton; dacă în sate și comune acest tip de construcție practic lipsește, în orașe el este mult mai prezent - 6.2%, iar în Chișinău 11.8% din construcții reprezintă acest tip. Experiența cutremurelor puternice din 1977, 1986 a demonstrat, că și acest tip de construcții este parțial caracterizat de un grad înalt de risc seismic. Fig.1 reprezintă clasificarea construcțiilor după materialele folosite în edificarea lor, după tipurile de localități în care sunt amplasate [2].

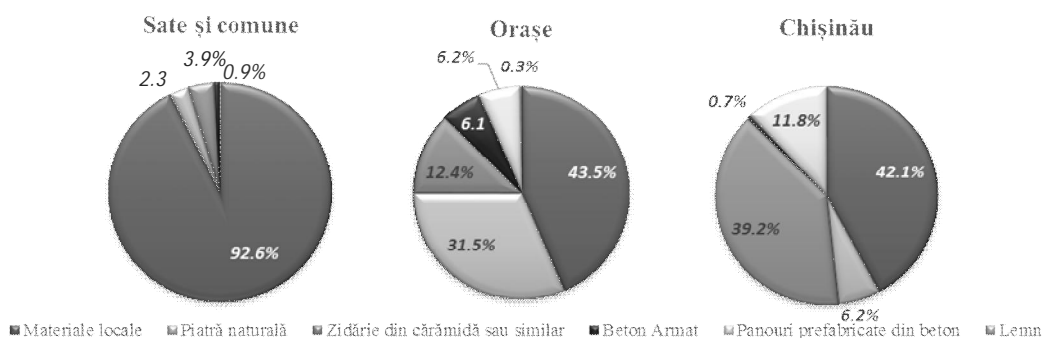


Fig.1. Clasificarea construcțiilor după materialele folosite [2].

În Fig.2 sunt prezentate datele care reflectă procentul de clădiri din punct de vedere al rezistenței seismice (construite cu sau fără considerarea reglementărilor antiseismice). De asemenea, este indicată cota parte de clădiri, înalte sau joase, din cele evaluate drept rezistente. De menționat faptul că procentual or. Chișinău cedează comparativ cu mediile pe țară, și anume prin faptul că 43.8% din clădiri au fost evaluate drept nerezistente seismic, iar 20% din acestea sunt clădiri cu regim de înălțime sporit. Numărul ridicat de clădiri vulnerabile seismic se datorează caracterului arhitectural al orașului și faptului că în Chișinău se găsesc numeroase clădiri de o vârstă avansată și construite fără a respecta proiecte sau soluții structurale indicate[2]. Din acest considerent, multe edificii sunt considerate vulnerabile și prezintă un risc avansat pentru cetățeni în cazul unui potențial seism cu $M_w > 7.0$. Această caracteristică a capitalei, și faptul că orașul găzduiește aproximativ 30% din populația țării, fac ca zona municipiului Chișinău să reprezinte una din regiunile cele mai vulnerabile seismic. Din acest motiv este necesară o analiză mai detaliată a fondului construit din Chișinău, care să ajute la determinarea ulterioară a riscului seismic [2].

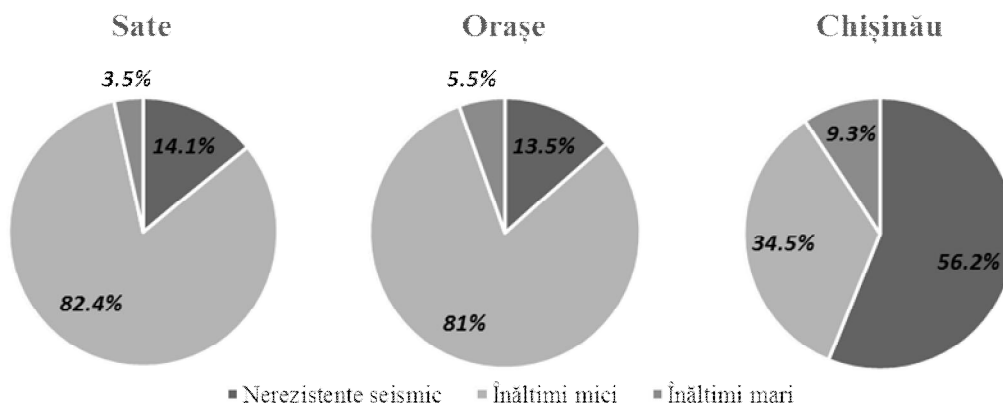


Fig.2. Clasificarea construcțiilor după rezistență seismică și înălțime [2].

Principiile de formare a Rețelei Naționale de clădiri reprezentative

Pentru a nu admite pierderi catastrofale la viitoarele cutremure puternice este necesară evaluarea și monitorizarea continuă a riscului seismic. Pentru a simplifica procesul de investigare și monitorizare a stării tehnice a construcțiilor din Republica Moldova, se consideră oportună crearea *Rețelei naționale de clădiri reprezentative*, care ar prezenta un spectru limitat de edificii cu caracteristici reprezentative și comune pentru întregul fond construit al țării.

La baza Rețelei naționale de clădiri reprezentative trebuie să stea anumite principii, care ar asigura calitatea sporită a rețelei și caracterul definitoriu al întregului spațiu locativ național. Printre aceste principii ar trebui să se regăsească următoarele:

1. Clădirile reprezentative trebuie să prezinte o tipologie vastă de scheme constructive, structuri, înălțimi, destinații, vârste, grade de uzură. Un număr mai mare de edificii reprezentative va corespunde direct cu calitatea sporită a rețelei, astfel cuprinzându-se un spectru mai larg de caracteristici ale fondului construit. Pentru început, clădirile selectate pentru rețea ar trebui să includă structuri din toate edificiile reprezentative claselor de vulnerabilitate conform EMS-98 (*European Macro-seismic Scale 1998*). EMS-98 ține cont de tipul structurii și materialele utilizate.
2. Matricea de valori trebuie să fie completată cu detalii ca vârsta, înălțimea, gradul de uzură și numărul locatarilor care sunt supuși unui potențial risc. Aceste detalii sporesc capacitatea rețelei de a defini cât mai exact fondul construit în Republica Moldova.
3. Rețeaua trebuie să includă edificii similare, dar care sunt amplasate în zone seismice diferite. Acestea vor fi selectate conform Hărții de Zonare Seismică și vor reprezenta cele 3 zone distincte în care este divizat teritoriul Republicii Moldova.
4. Clădirile incluse în rețea trebuie de asemenea să reprezinte edificii amplasate pe diferite structuri geologo-geotehnice, pentru a asigura o posibilă variație a vulnerabilității seismice în dependență de caracteristicile distinctive ale solurilor.

Parametrii dinamici – caracteristică de bază

Parametrii dinamici - perioada fundamentală de vibrație T și decrementul de amortizare λ - poartă informația obiectivă despre proprietățile fizice care caracterizează starea construcției sau gradul de uzură. Clădirile și construcțiile scoase din starea de echilibru ca urmare a acțiunii asupra lor a unor forțe exterioare, efectuează oscilații libere odată cu stoparea acestora. Modificarea rigidității elementelor portante ale clădirii în rezultatul unui cutremur puternic este însoțită deseori de schimbarea valorii perioadei oscilațiilor ei proprii. Astfel, măsurarea parametrilor dinamici imediat după un cutremur puternic permite evaluarea răspunsului construcțiilor la acțiuni seismice concrete. Pe de altă parte, cercetările privind perioadele proprii de oscilație ale clădirilor și ale altor construcții permit stabilirea prezenței unor deformații în elementele constructive ale acestora, inclusiv și a deformațiilor ascunse, care nu pot fi întotdeauna evidențiate la examinările tradiționale ingineresti. Astfel, rezultatele măsurărilor periodice ale perioadelor proprii (o dată în 3-4 ani), efectuate pentru diferite construcții reprezentative din Moldova ar permite aprecierea evoluției în timp a stării tehnice a clădirilor.

La studiul variației perioadelor proprii de vibrație ale unor clădiri pot fi folosite diferite metode [3]. Primele informații privind variația perioadelor proprii de vibrație ale clădirilor din orașul Chișinău au fost obținute după cutremurul din 4 martie 1977 ($M_{GR}=7.2$, $I_{Chișinău}=VII$ MSK) [4]. Date privind caracteristicile structurale și dinamice ale unor clădiri din orașul Chișinău sunt prezentate în *Tabelul 1*. Conform acestor date, perioadele proprii ale clădirilor de 5-7 nivele s-au majorat în urma acestui cutremur în limitele a 3-9%, iar ale clădirilor înalte de 10-16 nivele - în limitele a 6-9%. Modificările mai mari ale perioadelor proprii de vibrație pentru clădirile înalte, și prin urmare, deformațiile mari în ele, corelează cu predominarea componentelor de perioade lungi în spectrul de oscilație a terenului alăturat (inclusiv a oscilațiilor de perioade apropiate perioadelor proprii de vibrație ale clădirilor examinate).

Tabelul 1.

Valorile perioadelor de vibrații T blocurilor locative (perioada 1977-1993) [4]

N	Tip Construcție	Nr. nivele	Perioada de vibrație T , sec									
			Până la cutremurul din 04.03.77		După cutremurul din 04.03.1977		După cutremurul din 31.08.1986		Până la cutremurul din 30.05.1990		După cutremurul din 30.05.1990	
			T_x , sec	T_y , sec	T_x , sec	T_y , sec	T_x , sec	T_y , sec	T_x , sec	T_y , sec	T_x , sec	T_y , sec
1	Structură Monolit (str. Trandafirilor 15)	16	0,6	0,6	0,69	0,7	0,79	0,71	0,79	0,73	0,81	0,74
2	Structură Monolit (Calea Ieșilor 11)	11	0,5	0,57	0,6	0,61	0,69	0,73	0,54	0,55	0,57	0,58
3	Structură Monolit	10	0,42	0,39	0,44	0,45	0,46	0,52	-	-	-	-
4	Zidărie din blocuri de calcar	7	0,3	0,39	0,32	0,41	0,37	0,42	-	-	-	-
5	Zidărie din blocuri de calcar	5	0,29	0,3	0,31	0,32	0,32	0,33	-	-	-	-
6	Structură din panouri mari (str. Independenței 9/4)	5	0,23	0,27	0,25	0,28	0,27	0,23	0,26	0,28	0,28	0,29

Aceste observații de fapt definesc nu doar importanța parametrilor dinamici în schițarea rețelei reprezentative, dar și a înălțimii și amplasamentului acestora. După cutremurul puternic din 30 august 1986 ($M_{GR}=7.0$, $I_{Chisinau}=VII-VIII$ MSK) perioadele de oscilații proprii ale clădirilor s-au majorat cu încă 10-12%, cea ce indică faptul că în ele s-au produs deformații neelastice chiar în timpul cutremurului. Actualmente, cercetările variațiilor perioadelor proprii de vibrație se efectuează în cadrul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM la câteva zeci de clădiri din Republica Moldova.

Cercetările variațiilor parametrilor dinamici permit de a aprecia indirect nu numai gradul de deformare al clădirii, dar și de a controla calitatea lucrărilor de reparație efectuate după cutremur. Astfel, dacă gradul de deformare al clădirii în urma cutremurului se calculează prin coeficientul de avariere K_A ,

$$K_A = \frac{T_A - T_P}{T_P} \times 100 \% , \quad (1)$$

atunci pentru coeficientul eficacității lucrărilor de reconstrucție se poate propune formula:

$$K_C = \frac{T_A - T_C}{T_C} \times 100 \% , \quad (2)$$

unde T_P , T_A , T_C constituie corespunzător valorile perioadelor proprii de oscilație ale clădirilor înainte de cutremur, după cutremur și după terminarea lucrărilor de reparație și consolidare.

Pentru ilustrarea celor spuse, în *Tabelul 2* [4] sunt redată valorile coeficienților K_A , K_C , calculate după formulele 1 și 2 pentru 5 clădiri din orașul Chișinău, care au obținut deteriorări considerabile în urma cutremurului din 30 august 1986.

Tabelul 2.
Valorile coeficienților K_A calculate pentru unele clădiri din Chișinău.

Nr d/o	Adresa clădirii	Coeficientul de avariere K_A %		Coeficientul eficacității reconstrucției K_C , %	
		Componenta X	Componenta Y	Componenta X	Componenta Y
1	str.Calea Ieșilor, 11	15,8	19,4	28,2	32,2
2	str.Independenții, 9/4	8,4	5,0	4,2	5,8
3	str.Trandafirilor, 15	14,1	10,1	0,0	5,0
4	str.Miorița, 5/1	-	-	45,6	31,4
5	str. Voluntarilor, 16	-	-	40,7	74,4

Rezultatele arată că în urma efectuării lucrărilor de reconstrucție rigiditatea clădirilor în întregime s-a mărit (perioadele proprii s-au micșorat). Rigiditatea unor clădiri, ca de exemplu, clădirea de pe str.Calea Ieșilor, 11, a devenit chiar și mai înaltă decât înainte de cutremurul din 30 august 1986 ($K_C > K_A$). Pentru clădirea din strada Trandafirilor, 15, invers, $K_A > K_C$, adică consolidarea deplină a clădirii în rezultatul reparației n-a fost obținută.

Dacă am compara perioadele fundamentale ale clădirilor, măsurate după lichidarea deteriorărilor apărute în urma seismului din 1986, cu perioadele inițiale de până la

cutremurul din 1977, expuse în Tabelul 1, apoi în cazul dat nu s-a obținut o consolidare completă nici pentru clădirea din Calea Ieșilor, 11.

În prezent nu se dispune de o claritate deplină referitoare la valorile admisibile ale coeficienților de avariere și dacă acestea pot fi considerate ca periculoase.

Dacă T_0 și T_{CR} constituie perioadele proprii fundamentale, măsurate la darea obiectului în exploatare și la momentul când acesta se află la starea sa limită și nu mai poate fi exploatat, atunci valoarea critică a coeficientului de deformație (de avariere) conform formulei (1) se calculează ca:

$$K_{CR} = \frac{T_{CR} - T_0}{T_0} \quad (3)$$

În lucrarea [5] se constată că la cutremurul din 04.03.77, în cazul unor deteriorări neînsemnate ale clădirilor, majorarea perioadelor proprii nu a depășit 20-25%; în cazul unor avarieri multiple ușoare, creșterile perioadelor s-au situat în intervalul 25-50%; în cazul unor avarieri multiple importante, creșterile de perioade proprii au depășit 50%.

Probabil că valoarea limită admisibilă a coeficientului K_{CR} urmează să fie diferită pentru diverse tipuri de construcții și va fi determinată în urma sintetizării unui număr mare de date obținute la cercetarea în masă a clădirilor.

Rezultatele obținute la studierea caracteristicilor dinamice ale clădirilor și construcțiilor devin prielnice pentru studiul evoluției lor în timp, diagnosticarea în masă prin metoda de estimare a stării acestora după cutremur, cât și pentru aprecierea eficacității lucrărilor de reconstrucție și consolidare.

Concluzii

Rețeaua Națională de clădiri reprezentative constituie un prim pas, foarte important în crearea unui sistem de evaluare și monitorizare continuă a vulnerabilității seismice a clădirilor din Republica Moldova. Rețeaua va prezenta un număr limitat de clădiri, dar care vor reflecta cele mai importante caracteristici ale clădirilor din Republica Moldova: schemă constructivă, vârstă, înălțime, zonă de amplasare, gradul de uzură. O altă caracteristică importantă este reprezentată de parametrii dinamici (perioada de vibrație și decrementul de amortizare), care pot caracteriza starea tehnică a unei structuri sau eficiența lucrărilor de reconstrucție și consolidare.

Din lucrare se poate concluziona că de rând cu sarcina principală - monitorizarea evoluției în timp a stării tehnice a fondului construit, Rețeaua națională de clădiri reprezentative ar putea contribui la soluționarea și altor probleme importante, cum ar fi:

- determinarea distribuției intensității cutremurelor pe teritoriul RM în baza informației macroseismice;
- determinarea funcției de atenuare a oscilațiilor seismice (zonare seismică);
- determinarea influenței condițiilor de teren asupra reacției (gradului de deteriorare) a clădirilor (microzonare seismică);
- detectarea deformațiilor invizibile (ascunse) ale clădirilor;
- aprecierea indirectă a calității lucrărilor de consolidare;
- completarea bazei de date cu valori experimentale reale ale parametrilor dinamici ai construcțiilor de diferite tipuri.

Astfel, crearea Rețelei Naționale de Clădiri Reprezentative este importantă pentru susținerea studiului de evaluare a vulnerabilității seismice, cât și pentru cuantificarea ulterioară a riscului seismic.

Bibliografie

1. Troian S., "Analiza Metodelor Existente de Evaluare a Vulnerabilității Seismice" (Analysis of the Existing Methods of Assessing Seismic Vulnerability), Journal of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova, Elan Poligraf, 2016, p.67-77.
2. Alcaz V., S. Troian, "Analiza Fondului Construit al Republicii Moldova în Contextul Vulnerabilității Seismice a Clădirilor" (The Analysis of the Built Environment in terms of Seismic Vulnerability), published in the materials of the National Conference with International Participation "Mediul și Dezvoltarea Durabilă" (The Environment and Sustainable Development), 06-08 October 2016, p. 78-81.
3. Бержинская Л.П., Бержинский Ю.А. Методы паспортизации зданий в сейсмических районах // Вопросы инженерной сейсмологии. 2009. Т. 36. № 2. С. 57–69
4. Алказ В.Г., Роман А.А., Илиеш И.И. Изменение собственных периодов некоторых зданий в Кишиневе как следствие землетрясения 4 марта 1977г. Известия АН МССР, серия физ.-техн. наук 1984, №3, стр.73-75.
5. Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977. București, 1982, p.516.

Primit la redacție – 16 octombrie 2016

CZU 550.2

Sandu I.

Activitatea seismică a zonei Vrancea în sistemul referențial Pământ-Soare-Lună

Abstract

The regional seismic data during a century of observation (1900-2000+) were used to correlate the seismic genesis with the Earth-Sun-Moon system's elements positions. It has established a clear interaction of Earth-Sun-Moon system elements position relative to Vrancea seismic zone; this allows the author to conclude on the basic question: is Earth model a closed or open model? Namely, geodynamic processes are going in an open system (in particular case – Vrancea seismogenic zone) – with strong influence from Sun and Moon.

Keywords: gravitation field, geodynamic processes, interaction, seismic activity.

Rezumat

Au fost valorificate datele observărilor seismice regionale (zona Vrancea), timp de un secol (1900-2000+), pentru a corela seismogeneza în raport cu amplasamentul elementelor din sistemul Pământ-Soare-Lună. S-a stabilit o interacțiune clară a elementelor sistemului Pământ-Soare-Lună prin amplasamentul spațial relativ al componentelor sistemului față de zona Vrancea, iar acest lucru, permite autorului să răspundă la întrebarea: este modelul Pământului un sistem închis? Și anume, procesele geodinamice (în caz particular, seismogeneza zonei Vrancea) decurg într-un sistem deschis, cu o puternică influență din partea Soarelui și a Lunii.

Cuvinte cheie: câmp gravitațional, procese geodinamice, interacțiune, activitate seismică.

Резюме

Сейсмические данные по региональной активности прошедшего века (1900-2000+) были использованы для корреляции сейсмического генезиса по отношению к позициям элементов системы Земля-Солнце-Луна. Было установлено четкое взаимодействие элементов системы Земля-Солнце-Луна и ихнее положения относительно Вранча сейсмической зоны; это позволило автору сделать вывод на основной вопрос: является ли модель Земли замкнутая или открытая модель? А именно, геодинамические процессы происходят в открытой системе (в частном случае - Вранча зона сейсмо генеза) - с сильным влиянием Солнца и Луны.

Ключевые слова: поле гравитации, геодинамические процессы, взаимодействие, сейсмическая активность.

Introducere

Studiul de față reprezintă o sistematizare a datelor empirice ce țin de geneza seismelor și mișcarea planetelor sistemului solar. Tipul investigației este interdisciplinar, cu obiectiv primar de a stabili relația de corelare între aceste două seturi de date, cât și între direcțiile de cercetare.

Geneza seismelor reprezintă problema fundamentală și actuală a seismologiei moderne, pentru care nu a fost încă elaborat un model capabil de a prognoza din timp

producerea acestora; modelul acceptat asupra fenomenului seismic presupune că elementele sistemului geofizic, limitat spațial la volumul Pământului, nu sunt influențate de factori externi (sau, cauza seismelor poate fi găsită doar în cadrul acestui sistem – izolat). Procesele geodinamice de la suprafața Pământului, în astfel de viziune, ar fi dirijate de dinamica mantei (fenomenul de convecție), ce produc tensiuni mecanice în litosferă, și generează ulterior – seisme. Monitorizarea parametrilor fizici legați de acumularea tensiunilor mecanice în litosferă, la asemenea adâncimi, conform modelului descris, este practic irealizabilă, la fel cum rămâne irealizabilă și soluționarea problemei localizării după axa spațio-temporală a viitoarelor seisme (prognoza seismică).

Astfel, pentru a efectua pași semnificativi în direcția soluționării problemei genezei și a prognozei seismice, autorul consideră important revizuirea modelelor existente, acceptate, pentru sistemul planetei Pământ, și anume - a răspunde la întrebarea: *este modelul Pământului un sistem închis, sau unul deschis ?* Aici, primele argumente în favoarea modelului de sistem deschis al Pământului le găsim din observații seculare – mările, unde amplasamentul relativ al Soarelui și Lunii cauzează deformații în scoarța terestră (evident, modifică bathymetria oceanului planetar), modificând distribuția lichidului de la suprafața planetei; și spre deosebire de modelul anterior, aceste deformații ale crustei pot fi ușor identificate aplicând legea atracției universale și principiul superpoziției forțelor gravitaționale. Pe de altă parte, deformațiile mecanice ale crustei (cauzate de amplasamentul specific al Soarelui și Lunei față de anumite regiuni ale suprafeței Pământului) pot genera seisme; iar acest fapt este ușor de verificat prin suprapunerea, corelarea, timpului de producere a seismului și poziția planetelor, ceea ce și reprezintă obiectivul studiului de față.

Pentru a răspunde la întrebarea generală: *este sau nu este Pământul un sistem închis?* s-au efectuat pași intermediari, unde autorul identifică, aplicând legea atracției universale, împreună cu constantele fiecărei planete din sistemul solar, factorii care influențează procesele geodinamice de la suprafața Pământului; acestea sunt: gravitația Pământului, gravitația Soarelui și a Lunei [1]. Astfel, autorul focusează atenția investigațiilor sale pe aceste elemente; la scară regională (zona seismică compactă - Vrancea), unde epicentrul seismic a fost localizat cu o precizie înaltă în decursul secolelor (1800-2000+), a fost posibilă valorificarea datelor istorice pre-instrumentale, care au adus argumente în favoarea modelului de sistem deschis al Pământului prin alinierea (perfectă) a zonei seismic active după axele Pământ-Soare și Pământ-Lună [1].

Pentru a nu considera un rezultat specific regiunii alese, autorul a extins arealul de studiu și a investigat seismele globale din ultimele decenii (acest fapt asigură o precizie înaltă localizării spațio-temporale pentru evenimentele seismice majore); la scară globală, autorul studiului de față a considerat două perioade (2011-2015, cu M7.0+ și 1995-2015, cu M7.5+), pentru care a obținut rezultate similare studiului regional, ce vin cu argumente în favoarea modelului de sistem deschis al Pământului [2, 3]. Astfel, autorul a prezentat în studiile anterioare că există o corelație directă dintre producerea unor evenimente seismice și aranjamentul specific al Soarelui și a Linei în raport cu zona epicentrală, atât la scară regională cât și globală; aceste afirmații sunt valabile pentru evenimentele cu M6.0+ (la scară regională) și M7.0+ (la scară globală). Specificul lucrării de față este de a extinde și completa setul de evenimente seismice cu date factologice noi, pentru a testa veridicitatea afirmației la magnitudini mai mici: seismogeneza Pământului este influențată de Soare și Lună, sau modelul sistemului Pământ este unul deschis.

Datele și metodologia aplicată în studiu

Metoda aplicată în studiul de față a fost descrisă în lucrările autorului [1, 2, 3], care poate fi rezumată la corelarea timpului de producere a seismelor semnificative și amplasamentul relativ al elementelor sistemului Soare-Pământ-Lună; autorul introduce convențional două tipuri de axe, ce țin de amplasamentul Soarelui și Lunei: axele ce conectează centrul Soarelui, Lunei, cu centrul Pământului sunt principale (pentru Soare – S și Lună – M), iar axele perpendiculare acestora sunt secundare, ortogonale – O (pentru Soare – OS și Lună – OM). Astfel, orice punct de pe suprafața planetei la rotația în jurul axei Pământului intersectează axele principale de două ori, și pentru a diferenția aceste cazuri autorul introduce sensul axelor, amplasând originea acestora în centrul Pământului: sensul pozitiv al axelor este orientat spre centrul Lunei și al Soarelui.

Pentru a completa setul de date factologice cu privire la seismicitatea zonei Vrancea, din perioada anilor 1900-2015, autorul lucrării a apelat la datele catalogului regional ROM+ [4], care permite valorificarea seismelor cu magnitudinea M5.0+; aici, au fost identificate 208 evenimente seismice (vezi Tabel.1), dintre care 36 seisme sunt cu M6.0+ (cu detalii în lucrarea [1]).

Tab.1. Evenimentele seismice (M5.0+), pentru zona Vrancea, din perioada anilor 1900-2000+

NR.	AAAA/LL/ZZ	OO:MM	LA T	LON	M	F-L	FAZA LUNEI								AXA
							1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1900/01/14	09:53	44	27	5.9	F					o				S+
2	1900/01/31	09:00	47	27	5.5	N	•								S+/M+
3	1901/03/31	07:10	43	29	7.2	F*				o					S+
4*	1901/03/31	11:30	44	29	5.0	F*				o					S+
5	1901/04/02	16:54	46	21	5.0	F					o				OS
6	1901/04/25	22:25	43	29	5.0	H+			H						S-
7	1901/07/06	23:28	43	28	5.2	H-							H		S-
8	1901/07/30	03:30	43	29	6.0	F					o				OS
9	1901/09/23	18:11	46	27	5.7	F					o				M+
10	1902/03/11	20:14	46	27	5.9	N	•								S-
11	1903/06/08	15:08	46	27	5.9	F					o				OM
12	1903/09/13	08:20	46	27	6.3	H-							H		S+
13	1904/02/06	02:49	46	27	6.6	F*						o			S-
14	1908/10/06	21:40	46	27	7.1	F					o				S-
15	1912/05/25	18:10	46	27	6.7	H+			H						OS/M+
16*	1912/05/25	20:15	46	27	6.1	H+			H						OS/M+
17*	1912/05/25	21:00	46	27	5.8	H+			H						S-
18	1912/06/07	01:58	46	27	5.9	H-							H		M+
19	1913/03/14	03:40	46	27	5.9	H+							H		OS/M-
20	1913/07/23	22:03	46	27	5.7	F*						o			S-
21	1914/07/14	03:00	46	27	5.7	H-							H		OS/M+
22	1914/07/31	18:23	46	26	5.7	F*				o					M+
23	1914/08/26	15:09	46	27	5.4	N*		•							M+
24	1914/10/26	02:59	46	27	5.4	H+							H		OS/M-
25	1915/01/25	07:55	44	28	5.0	F*				o					M-
26	1916/01/26	07:37	45	25	6.4	F*						o			S+
27*	1916/01/26	08:15	45	24	5.2	F*						o			OM
28*	1916/01/26	08:15	45	24	5.0	F*						o			OM
29	1917/03/15	20:42	46	27	5.9	H-							H		S-
30	1917/05/19	21:00	46	27	5.9	N	•								S-/M-
31	1917/07/11	03:23	46	27	5.9	H-							H		OS/M+

Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N 2, 2016

32	1918/02/25	02:07	46	27	5.9	F				○			OS/OM
33	1919/04/18	06:20	46	27	6.1	F				○			S+
34	1919/08/09	14:38	46	27	6.0	F				○			S+
35	1921/10/22	05:13	46	27	5.3	F*					○		OS
36	1925/12/25	02:37	46	27	6.1	F*				○			S-
37	1927/07/24	20:17	46	27	5.9	N*						●	M-
38	1928/03/30	09:38	46	27	6.0	H+			H				S+
39	1928/11/23	04:23	46	27	5.7	F					○		OS
40	1929/05/20	12:17	46	27	6.0	F					○		S+
41	1929/11/01	06:57	46	27	6.1	N	●						OS
42	1932/03/13	02:53	46	27	5.7	N*		●					M-
43	1932/05/27	10:42	46	27	6.0	H-						H	S+
44	1932/09/07	18:36	46	27	5.8	H+			H				M+
45	1934/02/02	19:59	45	26	6.0	F*					○		S-
46	1934/03/29	20:06	46	27	6.6	F					○		S-/M+
47	1934/12/29	00:00	46	27	5.0	H-						H	S-
48	1935/02/03	22:48	46	27	5.0	N	●						S-/M-
49	1935/07/13	00:03	45	27	6.0	F					○		S-
50*	1935/07/13	00:06	45	27	5.2	F					○		S-
51	1935/09/05	06:00	46	27	6.0	H+			H				OS/M-
52	1936/05/14	12:50	46	27	5.0	H-						H	OM/S+
53	1936/05/17	17:38	45	26	6.0	N*						●	OS
54	1936/10/31	15:52	46	27	5.0	F					○		OS
55	1936/11/01	00:23	46	27	5.0	F					○		M+
56	1937/01/26	14:34	46	27	5.4	F					○		OS
57	1938/07/13	20:15	46	27	6.0	F					○		OS/OM
58	1939/09/05	06:02	46	27	6.2	H-						H	OS/M+
59	1940/02/10	18:14	46	27	5.2	N	●						OS
60	1940/02/14	19:30	46	27	5.0	H+			H				OM/S-
61	1940/06/24	09:57	46	27	5.9	F*					○		S+
62	1940/10/03	15:04	46	27	5.1	N	●						M+
63	1940/10/21	22:14	46	27	5.0	F*					○		S-
64	1940/10/22	06:37	46	26	6.5	H-						H	OS/M+
65*	1940/10/22	22:14	46	27	5.0	H-						H	S-
66	1940/11/06	19:58	46	27	5.0	H+			H				S-
67	1940/11/08	12:00	46	26	5.9	H+			H				OM/S+
68	1940/11/10	01:39	46	27	7.7	F*				○			S-
69*	1940/11/10	13:28	46	27	5.0	F*				○			OM
70*	1940/11/10	16:41	46	27	5.0	F*				○			OS
71*	1940/11/11	06:34	46	27	5.9	F					○		M-
72	1940/11/13	16:51	46	27	5.2	F					○		OS
73	1940/11/14	14:37	46	27	5.3	F					○		OS
74	1940/11/16	22:31	46	27	5.0	F					○		M+
75*	1940/11/17	06:01	46	27	5.1	F					○		OS
76	1940/11/19	20:27	46	27	5.7	F*					○		S-
77	1940/11/22	02:30	46	27	5.0	H-						H	OS/M+
78*	1940/11/23	14:49	46	27	5.7	H-						H	OS/M-
79	1940/11/27	08:13	46	27	5.0	N	●						M+
80	1940/12/01	17:19	46	27	5.5	N	●						OM
81	1940/12/10	01:35	46	27	5.3	F*				○			OM
82	1941/01/29	07:04	46	27	5.5	N	●						OM
83	1941/03/16	06:50	46	27	5.0	F					○		OM
84	1941/04/04	19:27	46	27	5.0	H+						H	OS/M+
85	1941/06/27	02:55	46	27	5.1	N	●						M+
86	1941/09/05	08:23	46	27	5.1	F					○		S+/M-

Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N 2, 2016

87	1941/12/10	07:23	46	27	5.3	H-							H		OS/M+
88	1942/03/17	00:24	46	27	5.0	N	•								S-
89	1942/04/13	03:07	46	27	5.6	N	•								OS
90	1942/04/27	10:59	46	27	5.2	F					○				S+
91	1942/05/05	04:58	46	27	5.0	F*					○				OS
92	1942/07/29	19:19	46	27	5.4	F					○				OM
93	1942/08/23	15:41	44	27	5.1	F					○				OS
94	1942/09/20	05:37	46	27	5.3	F*					○				M-
95	1942/10/03	12:43	46	27	5.0	H-							H		OM/S+
96	1943/04/28	19:46	46	27	5.9	H-							H		M-
97	1943/05/18	18:34	46	27	5.0	F					○				OS/OM
98	1943/06/20	01:00	45	23	5.2	F					○				M+
99	1943/07/10	02:50	46	27	5.3	H+			H						OS/M-
100	1943/12/22	15:35	46	27	5.1	N*								•	OS
101	1944/02/25	16:59	46	27	5.6	N	•								OS
102	1944/03/12	21:19	46	27	5.0	F					○				OM
103	1944/09/08	06:18	46	27	5.0	H-							H		OS/M+
104	1945/02/20	03:42	46	27	5.0	H+			H						M-
105	1945/03/12	20:51	46	26	6.1	N	•								S-
106	1945/09/07	15:48	46	27	6.8	N	•								OS/M+
107	1945/09/14	17:22	46	27	5.5	H+			H						OS/M+
108	1945/12/09	06:08	46	27	6.5	N*		•							OS/M-
109	1945/12/17	22:36	46	27	5.0	F					○				S-
110	1946/10/03	07:17	46	27	5.3	H+			H						M-
111	1946/11/03	18:47	46	26	6.0	H+			H						OS/M+
112	1946/11/15	01:11	46	27	5.1	F*					○				M+
113	1947/03/13	14:03	46	27	5.4	H-							H		M-
114	1947/08/30	03:54	46	27	5.1	F					○				OM/OS
115	1947/10/17	13:25	46	27	5.8	N	•								M+
116	1947/11/22	23:07	46	27	5.2	F*					○				S-
117	1948/01/28	02:05	46	27	5.3	F					○				M+
118	1948/03/13	21:06	46	27	5.7	N	•								S-
119	1948/04/24	12:29	46	27	5.2	F					○				M-
120	1948/04/29	00:33	46	27	5.4	H-							H		S-
121	1948/05/29	04:48	46	27	6.3	H-							H		OS/M+
122	1948/07/29	08:57	46	27	5.3	H-							H		S-
123	1948/08/09	07:45	46	27	5.0	N*		•							OM
124	1948/12/22	04:18	46	27	5.2	H-							H		M+
125	1949/11/25	03:17	46	27	5.2	N*		•							M-
126	1949/12/26	03:36	46	27	5.7	H+			H						M-
127	1950/01/16	04:25	46	26	5.7	N	•								OS
128	1950/02/17	18:04	46	27	5.0	N	•								OM
129	1950/03/20	17:29	46	27	5.0	N	•								OM/OS
130	1950/04/30	00:00	46	27	5.0	F					○				S-
131	1950/06/20	01:18	46	27	5.9	N*		•							M-
132	1950/07/14	06:29	46	27	5.5	N	•								M+
133	1950/07/25	07:25	46	27	5.0	F*					○				M-
134	1951/03/18	11:32	46	27	5.3	F*					○				S+
135	1952/07/16	03:57	46	27	5.0	H-							H		M+
136	1952/08/03	16:36	46	27	5.5	F					○				OM/OS
137	1953/02/22	17:58	46	27	5.2	H+			H						M+
138	1953/05/09	02:59	46	27	5.0	N*								•	OM
139	1953/05/17	02:33	45	27	5.4	N*		•							OS/M-
140	1954/04/13	10:06	46	27	5.3	F*					○				S+
141	1954/05/09	09:25	46	26	5.0	N*		•							S+

Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N 2, 2016

142	1954/10/01	13:30	46	27	5.6	N*	•							M+
143	1954/10/21	12:03	46	27	5.0	H-						H		S-
144	1955/05/01	21:22	46	26	5.8	H+			H					S-
145	1955/11/14	17:52	46	26	5.0	N	•							OS
146	1955/12/27	08:11	46	26	5.0	F				○				M-
147	1956/05/07	03:54	46	27	5.0	N	•							OS
148	1958/06/25	07:22	46	27	5.0	H+			H					S+
149	1959/04/29	01:35	46	27	5.1	H-						H		S-
150	1959/05/27	20:38	46	21	5.0	F*				○				OM
151	1959/05/31	12:15	46	27	5.0	H-						H		OM/S+
152	1959/06/26	13:44	46	27	5.3	H-						H		M-
153	1959/06/30	07:24	46	26	5.2	H-						H		M+
154	1959/08/19	15:32	46	27	5.5	F				○				OS/OM
155	1959/11/10	18:02	46	26	5.3	F*				○				OS/M+
156	1960/01/04	12:51	45	27	5.4	N*	•							S+
157	1960/01/05	06:07	46	27	5.0	H+			H					OS/M-
158	1960/01/26	20:27	46	26	5.7	N	•							M-
159	1960/10/13	02:21	46	26	5.9	H-						H		OS
160	1961/06/11	17:06	46	27	5.0	N	•							OS/OM
161	1961/06/29	18:08	46	27	5.1	F				○				OS/OM
162	1961/11/18	03:18	46	27	5.1	F*				○				OS
163	1962/02/27	21:34	46	26	5.2	H-						H		OM/S-
164	1962/08/30	07:46	46	26	5.3	N	•							M+
165	1962/11/09	02:14	46	27	5.1	F				○				OM
166	1963/01/14	18:33	46	27	5.8	F				○				OM
167	1965/01/10	02:52	46	27	5.8	H+						H		M-
168	1965/05/11	22:35	46	27	5.0	F*				○				S-
169	1966/01/18	20:20	46	27	5.1	N	•							M-
170	1966/10/02	11:21	46	27	5.9	F				○				S+
171	1966/10/15	06:59	46	26	5.1	N	•							OM
172	1966/12/14	14:49	46	26	5.2	N	•							M+
173	1967/02/27	21:00	45	27	5.0	F				○				OM/S-
174	1967/04/04	18:06	46	26	5.0	N*							•	OS/M-
175	1968/01/06	10:23	46	27	5.0	H+						H		S+
176	1968/02/09	13:22	46	26	5.0	F*				○				OM
177	1968/10/20	23:15	46	27	5.0	N	•							S-/M-
178	1969/01/15	08:46	46	26	5.0	N	•							M+
179	1969/04/12	20:38	45	25	5.2	N*							•	M-
180	1973/08/20	15:18	46	26	6.0	H-						H		S+
181	1975/12/27	18:32	46	27	5.3	N*							•	M-
182	1976/10/01	17:50	46	26	6.0	H+			H					OS/M+
183	1977/03/04	19:21	46	27	7.4	F				○				S-/M+
184	1978/01/01	07:40	46	26	5.1	H-						H		OS/M+
185	1978/10/02	20:28	46	26	5.2	N	•							S-/M-
186	1979/05/31	07:20	46	26	5.3	N*	•							OM
187	1979/09/11	15:36	46	26	5.3	F*				○				M-
188	1980/01/14	15:07	46	27	5.1	N	•							OS/OM
189	1981/07/18	00:02	46	26	5.5	F				○				S-/M+
190	1981/11/13	09:07	45	29	5.1	F				○				S+/M-
191	1983/01/25	07:34	46	27	5.6	F				○				M-
192	1985/08/01	11:17	46	27	5.2	F				○				S+/M-
193*	1985/08/01	14:35	46	27	5.8	F				○				M-
194	1986/08/30	21:28	46	26	7.1	N*							•	S-
195	1987/09/04	21:28	46	26	5.0	F				○				OM
196	1990/05/30	10:40	46	27	6.9	N*	•							S+

197	1990/05/30	00:17	46	27	6.4	H+			H					S-
198	1991/07/12	10:42	45	21	5.6	N	•							S+/M+
199	1991/07/18	11:56	45	22	5.6	H+			H					OM/S+
200	1991/12/02	08:49	45	21	5.5	N*							•	M+
201	1999/04/28	08:47	45	26	5.3	F				○				S+/M-
202	2000/04/06	00:10	46	27	5.0	N	•							S-/M-
203	2004/10/27	20:34	46	27	6.0	F				○				S-
204	2005/05/14	01:53	46	27	5.5	N*		•						M-
205	2005/06/18	15:17	46	27	5.2	F				○				OM/OS
206	2009/04/25	17:19	46	27	5.4	N	•							OM/OS
207	2013/10/06	01:37	46	27	5.2	N	•							OM/OS
208	2014/11/22	19:14	46	27	5.4	N	•							S-
*	Total	*	*	*										

Fazele Lunii, împreună cu amplasamentul relativ al zonei seismice Vrancea în sistemul Soare-Lună-Pământ, au fost calculate cu ajutorul softului on-line [5]; autorul lucrării identifică 3 categorii de bază pentru fazele Lunii: (N, F, H), pe care le completează prin poziții intermediare ajutătoare (N*, F*, H+, H-) [1, 2, 3].

Rezultate

Conform Tabel.1, distribuția seismelor după fazele de bază ale Lunii, pentru întreg setul de date investigat în lucrare, ar fi: 60/61/87 (N/H/F); dintre care 7/13/16 (N/H/F) ar corespunde cazului legat de seismele majore (M6.0+). Comparativ cu rezultatul investigației evenimentelor puternice din ultimii 200 ani, unde distribuția seismogenezei în zona Vrancea după tipul fazelor Lunii este uniformă: 21/21/20 (N/H/F) [1], distribuția seismelor după fazele principale ale Lunii pentru ultima 100 de ani are o prioritate în apariție pentru perioadele cu lună plină (full moon, F); acest comportament se păstrează și pentru seismele majore (M6.0+). De asemenea, rămâne validă afirmația cu privire la *specificul seismogenezei pentru fazele Lunii N și F, cărora li se pot atribui seisme puternice cu M>7.0, pe când seismogeneza în fazele Lunii H limitează puterea acestora la M=7.0* [1].

Din cele 208 seisme ale setului, distribuția genezei după fazele Lunii ar fi cu 61 seisme la fazele H+/H-, 93 seisme la fazele N/F, și 54 seisme la fazele intermediare N*/F*; acest fapt pune în evidență generarea seismelor la alinierea axelor principale (fazele N/F ale Lunii, 71%) față de cazul aranjamentului ortogonal ale acestora (fazele Lunii H, 29%); tot aici, au fost delimitate 89 seisme (sau 43%), pentru care seismogeneza este corelată de alinierea epicentrului după axele ortogonale (OM și OS), iar celelalte 119 (sau 57%) evenimente seismice au fost corelate axelor principale (M și S).

În cazul axelor ortogonale, distribuția genezei după fazele Lunii sunt: 28 seisme la fazele H+/H-, 40 seisme la fazele N/F, și 21 seisme la fazele intermediare N*/F*; aici, ortogonalitatea în fazele H+/H- corespunde axelor principale (M și S). Astfel, numărul evenimentelor corelate cu axele principale (M și S) este 119+28=147 (sau 71%).

În cazul axelor principale, distribuția după fazele Lunii a seismogenezei ar fi: 33 (+28) seisme la fazele H+/H-, 53 seisme la fazele N/F, și 33 seisme la fazele intermediare N*/F*; tot aici, din cele 61 cazuri de alinieri după axele principale la fazele H+/H-, autorul a identificat 26 cazuri pentru axa S și 35 cazuri pentru axa M, în momentul

producerii seismelor. Iar pentru fazele intermediare N*/F* corelarea seismogenezei cu axele principale este următoarea: 17 și 16 pentru axele S și M respectiv.

Conform rezultatelor studiului de față, 71% din cazurile seismogenezei în zona Vrancea pot fi corelate cu alinierea după axele principale (M și S), ceea ce confirmă rezultatul anterior al autorului obținut pentru seismele majore din aceeași zonă seismică Vrancea (cu 73% cazuri), însă pe o perioadă de 200 de ani [1]. Celelalte 29% din cazuri de seismogeneză sunt corelate cu axele ortogonale (OS și OM). Tot acest lucru se prezintă în Fig.1, care evidențiază „prin maxime” clare în distribuția seismogenezei fazele de bază, comparativ fazelor intermediare ale Lunii.

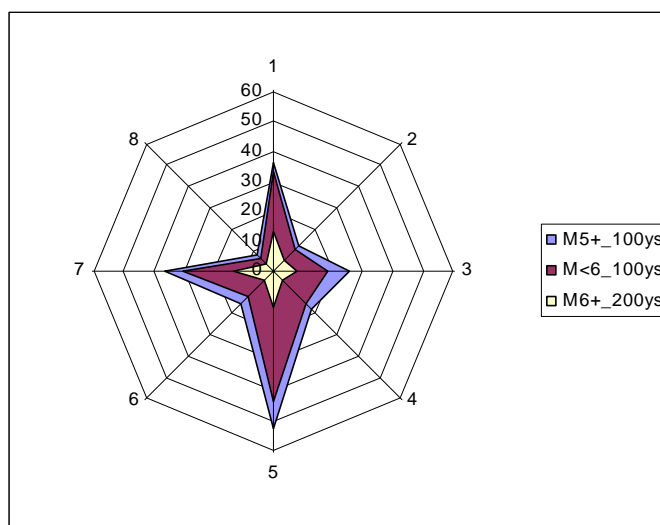


Figura 1. Distribuția seismelor Vrâncene (M5.0+) după setul complet de faze ale Lunii. M5+ reprezintă setul din 208 evenimente seismice Vrâncene produse în perioada 1900-2000+, iar M<6 reprezintă sub-setul de evenimente seismice Vrâncene limitate superior de magnitudinea M=6; tot aici, M6+ sunt prezentate evenimentele seismice Vrâncene cu M>6, pentru 1800-2000+ din [1].

Concluzii

Evenimentele seismice (M5.0+) din zona Vrancea, pentru perioada anilor 1900-2000+, au fost generate în momentele de timp al alinierii zonei epicentrale axelor (M, S și O); aici, 71% din cazurile seismogenezei în zona Vrancea pot fi corelate cu alinierea după axele principale (M și S).

Autorul lucrării identifică o distribuție similară și pentru seismogeneză în raport cu fazele Lunii: pentru fazele N și F – când axele principale (M și S) sunt coliniare, avem 71%; iar pentru fazele H – când axele principale (M și S) sunt perpendiculare, avem 29%. Așadar, frecvența de apariție a seismelor în fazele Lunii F și N (când axele principale sunt coliniare) este de două ori mai mare decât în cazul fazelor Lunii H (când axele principale sunt ortogonale).

De asemenea, pentru cazul corelării puterii seismelor cu fazele Lunii, pentru N și F avem și seisme cu M>7.0, ceea ce nu este specific pentru fazele Lunii H (acestea fiind limitate de valoarea M=7.0). Acest fapt a fost confirmat de evenimentul recent, din

23.09.2016, produs la ora 23:11, în zona Vrancea (46N, 27E, cu M5+); seismul a fost generat la faza Lunii H-, în momentul de aliniere a zonei seismice Vrancea după axa S, cu M=5.7 (fiind specifică condiția M<7.0).

Prin urmare, autorul revine la ideea considerării fazelor lunii în delimitarea perioadelor de timp în care impactul seismic prognozat poate fi maximal sau minimal, idee sugerată anterior [1].

În final, autorul concludă că procesele geodinamice de la suprafața Pământului - cum sunt seismele, nu pot fi investigate ca sistem închis, limitându-ne spațial doar la volumul Pământului, fiind necesară a considera influența celor două elemente ale sistemului solar Soare și Lună.

Bibliografie

1. Sandu, I., Câmpul gravitațional și activitatea seismică terestră, studiul de caz – zona Vrancea, Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, Chisinau, 2016 (1), 78-82
2. Sandu, I., Анализ глобальной сейсмической активности в системе Земля - Солнце и Луна, Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии: сб. ст. по материалам XLII-XLIII Междунар. Науч.-практ. Конф. «Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии». – № 7(35). – М., Изд. «Интернаука», 2016, 38-43 (în rusă)
3. Sandu I., Correlation study: Sun and Moon – missed factors for global seismicity, Молодой ученый: вызовы и перспективы. сб. ст. по материалам XVI междунар. заочной науч.-практ. конф. – № 14 (16). – М., Изд. «Интернаука», 2016, 190-195 (în engleză)
4. The ROM+ catalogue web page: <http://www.infp.ro/romplus/> (2016)
5. The Planets Today web page: <http://www.theplanetstoday.com/> (2016)

Primit la redacție – 10 decembrie 2016