

Geomorfologija • Geomorphology

Urbanizuotų teritorijų reljefo geodinaminės būklės vertinimas: problemos ir metodiniai aspektai

Algimantas Česnulevičius

Vilniaus universitetas,
el. paštas: algimantas.cesnulevicius@gf.vu.lt

Česnulevičius A. Urbanizuotų teritorijų reljefo geodinaminės būklės vertinimas: problemos ir metodiniai aspektai. *Geografija*. 2007. T. 43(1). ISSN 1392-1096.

Tiesioginiai geodinaminio procesų tyrimai urbanizuotose teritorijose yra sudėtingi ir brangūs. Šią problemą galima spręsti dviem būdais. Pirmasis – vykdyti detalius tyrimus būdingose teritorijos srityse ir ekstrapoliuoti gautus rezultatus visai teritorijai. Antrasis būdas yra netiesioginiai tyrimai. Nuodugni kartografinės medžiagos analizė yra vienas iš netiesioginių tyrimų metodų. Duomenys, gauti minimais metodais, leidžia nustatyti reljefo stabilumo laipsnį įvairiose miesto teritorijose ir prognozuoti nepageidaujamų geodinaminio procesų, sukeltų žmogaus veiklos, intensyvumą šešiuose Lietuvos miestuose. Geodinaminio miestų potencialą nustato keletas veiksnių: genetiniai tipai ir susiję paviršiaus morfometriniai indeksai. Išskirti keturi reljefo geodinaminiai tipai: rezervacinis (erozinis potencialas mažesnis kaip 0,1 mm per metus), regeneracinis (iki 1 mm per metus), urbodinaminis (iki 1–3 mm per metus) ir geodinaminis (daugiau kaip 3 mm per metus).

Raktažodžiai: miesto geomorfologija, reljefo stabilumas, geodinaminiai reljefo tipai

ĮVADAS

Tiesioginiai geodinaminio procesų tyrimai urbanizuotose teritorijose yra sudėtingi ir brangūs, be to, sunku aprėpti didesnius plotus. Problema dažniausiai sprendžiama dviem būdais. Pirmasis – tai detalūs tyrimai tipiniuose etaloniniuose plotuose ir jų rezultatų ekstrapoliacija platesnėje teritorijoje. Antrasis būdas – tai netiesioginiai tyrimai. Vienas iš netiesioginių tyrimų variantų – įvairiapusė kartografinės medžiagos analizė (kartografinis tyrimų būdas). Šiuo metu tokią analizę įmanoma atlikti taikant GIS, įvairiatemių žemėlapių palyginimą, lauko kartografavimą bei stebėseną (monitoringą). Šiais būdais gauti duomenys leidžia nustatyti reljefo stabilumo laipsnį skirtingo urbanistinio įsisavinimo teritorijose bei numatyti nepageidaujamų geodinaminio procesų intensyvumą veikiant antropogeninei apkrovai.

Urbanizuotų teritorijų reljefo ir jame vykstančių geodinaminio procesų tyrimui bei šių procesų poveikiui gyvenamosios aplinkos kokybei, taip pat antropogeninės apkrovos geodinaminiam procesams įvertinti buvo naudojami tiesioginiai (etaloniniai) ir netiesioginiai (kartometriniai) metodai.

Lietuvos etaloninių urbanizuotų teritorijų geodinaminio tyrimų pagrindu siekta sukurti reljefo būklės ir geodinaminio procesų raidos prognostinį modelį.

DARBO METODIKA IR DUOMENŲ ŠALTINIAI

Vertinant urbanizuotų teritorijų reljefą naudotasi skelbta geodinaminio tyrimų metodika (Česnulevičius, 1997, 1998, 2001, 2005; Česnulevičius ir kt., 2006; Įvertinti reljefo geodinaminė..., 2002; Morkūnaitė, 2001; Morkūnaitė, Česnulevičius, 2005; Račinskas, 1990; Žikulinas ir kt., 2006). Įvertintas urbanizuotų teritorijų potencialių geodinaminio procesų intensyvumas skirtinguose litomorfogenetiniuose reljefo tipuose, taip pat kelių grupių geodinaminiai procesai, galintys įvairiai performuoti miestų reljefą: eroziniai, defliaciniai, fliuvialiniai, sufoziniai ir organogeniniai. Fliuvialinių procesų intensyvumas įvertintas lyginant įvairių laikmečių upių vagų išilginį ir skersinį profilius, sufozinių procesų intensyvumas – gretinant įvairių laikmečių sufozinių reljefo formų profilius, formų ploto pokyčius bei išmatavus šaltinių debitus, organogeninių procesų intensyvumas – atsižvelgiant į pašlapusių žemių ploto kaitą urbanizuotose teritorijose. Skirtingiems litomorfogenetiniams reljefo tipams nustatytas sukurtų naujų reljefo formų apimamas plotas bei tankis. Tuo remiantis išskirti 4 tipų geodinamiškai paveikti reljefai:

I. **Rezervacinis** – tai žaliosios miesto zonos, vandens telkiniai ir vandensaugos zonos. Šiose teritorijose nevykdoma urbanistinė veikla. Erozinis ir defliacinis procesų intensyvumas jose

neviršija 0,1 mm per metus. Galimi tik sedimentacijos procesai vandens telkiniuose ir šlapynėse (iki 10 mm per metus).

II. **Regeneracinis.** Plokščiose ir banguotose lygumose intensyviai urbanizuojami plotai, nedidelis reljefo performavimas (iki 1 mm per metus) apsiriboja statybos aikštelės išlyginimu, pamatų duobės suformavimu ir baigiamas statyb vietės aplinkos sutvarkymu.

III. **Urbodinaminis.** Raižytame žemės paviršiuje urbanizuojami plotai, didelis paviršiaus performavimas statant (1–3 mm per metus). Be to, tokiose teritorijose sukuriama prielaidos intensyviems paviršių performuojantiems procesams: plokštumnei ir srūvinei erozijai (1–3 mm per metus).

IV. **Geodinaminis.** Intensyvūs eroziniai procesai neurbanizuotose teritorijose (daugiau kaip 3 mm/metus), dėl to reikalingos papildomos apsaugos priemonės urbanizuojant šias teritorijas.

Geodinaminis intensyvumas vertintas šešiuose Lietuvos miestuose, besiskiriančiuose apimamu plotu, gyventojų skaičiumi, reljefo sandara ir jo sąskaida, – Joniškyje, Marijampolėje, Mažeikiuose, Šiauliuose, Utenoje ir Vilniuje. Toliau pateikiama galima geodinaminė procesų raidos prognozė.

GEOMORFOLOGINIAI PROCESAI URBANIZUOTOSE TERITORIJOSE

Miestų geomorfologija tiria geomorfologinių sąlygų įtaką miesto teritorijos paviršiaus ir paties miesto raidai (Cooke, 1984), domisi įvairių paviršių pritaikymo miesto poreikiams galimybėmis, mieste vykstančių procesų, ypač statybų, poveikiu žemės paviršiui. Be to, ji tiria urbanizacijos, iškastų nuogulų laikymo paveiktą reljefo formų kaitą. Į jos interesų sritį patenka įvairių

1 lentelė. Aplinkos veiksniai ir su jais susiję geomorfologiniai pavojai urbanizuotose teritorijose (pagal Benett ir Doyle, 1997; Cooke 1984; McCall ir kt., 1996).

Table 1. Environmental factors determining geomorphological hazards in urban territories (by Benett and Doyle, 1997; Cooke 1984; McCall et al., 1996)

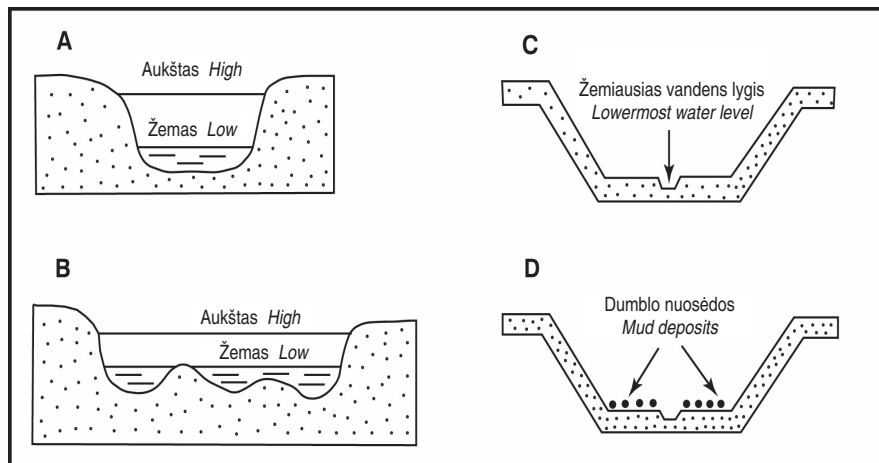
Aplinkos veiksniai <i>Environmental factors</i>	Pavojai ir problemos <i>Hazards and problems</i>	
Klimatas <i>Climate</i>	Nuolat įšalęs gilesnis sluoksnis ir virš jo susidaręs aktyvusis nuogulų sluoksnis statant namus ir tiesiant komunikacijas – būtinos specialios pamatų ir statinių konstrukcijos. <i>Permanently frozen ground and overlying active layer require special types of construction and foundations for buildings.</i>	
	Aprūpinimo vandeniu problemos; staigūs potvyniai, intensyvus druskų dūlėjimas ardo pastatus ir jų pamatus. <i>Water supply problems: flash floods, salt weathering of building materials and foundations.</i>	
	Staigus statybinių medžiagų įmirkimas ir džiūvimas; labai įvairus paviršinis nuogulų dūlėjimas tektoniškai stabiliose rajonuose, dažni ir gausūs krituliai, sukeliantys stiprią eroziją mechaniškai pažeistuose paviršiuose. <i>Rapid swelling and desiccation of building materials; uneven weathering of rocks in tectonically stable areas; frequent rain events causing rapid water erosion of exposed ground surface.</i>	
Paviršiaus absoliutus aukštis <i>Absolute height</i>	Kalnai <i>Mountains</i>	Pavojingi nestabilūs šlaitai, nuobirynai, nuošliaužos, didelė staigių potvynių galimybė. <i>Risk of unstable slopes, rockfalls, debris flows, potential for flash floods.</i>
	Aliuvinės lygumos <i>Alluvial plains</i>	Galimi potvyniai; labai įvairi aliuvinių nuogulų storumė. <i>Liable to periodic flooding; variable layers of alluvial deposits.</i>
	Pakrančių lygumos <i>Coastal plains</i>	Štormų sukelti potvyniai; litoralinių ir fluvialinių procesų praėityje sukloti labai sudėtingi nuogulų kompleksai; sūraus vandens patekimo į geriamąjį požemį vandenį galimybė. <i>Storm surge flooding risk; complicated complex of sediments, reflecting variable sedimentation conditions; possible salt penetration in ground water.</i>
Tektininės ir litologinės sąlygos <i>Tectonic and lithological conditions</i>	Stachios uolingos pakrantės <i>Coastal cliffs</i>	Didelė pakrantės erozijos galimybė; klifų paplovimas ir griūtys, nuardyta medžiaga dažnai užnešami uostai ir prieplaukos. <i>Liable to rapid coastal erosion, cliff undercutting and collapse; debris often deposited in ports and harbors.</i>
	Salos <i>Islands</i>	Štormų sukelti potvyniai; sūraus vandens patekimo į geriamąjį požeminį vandenį galimybė. <i>Storm surge flooding risk; possible salt penetration in ground water.</i>
Tektininės ir litologinės sąlygos <i>Tectonic and lithological conditions</i>	Aktyviųjų tektoninių plokščių pakraščiai <i>Borders of tectonic plates</i>	Didelis miestų, pastatytų ant naujai suklotų uolienu, griūties pavojus, susijęs su galimais žemės drebėjimais; nuošliaužų formavimasis, vulkaninės kilmės laharų susidarymo pavojus. <i>Major risks of urban destruction associated with earthquakes on unconsolidated sediments; landslide hazards; volcanic debris and lahar risks.</i>
	Brinkstantis ir džiūstantis molis <i>Clay swelling and desiccation</i>	Galimas poveikis namų pamatams, susijęs su sezonine klimato kaita. <i>Potential influence on building foundations.</i>
	Karstas <i>Karst</i>	Didžiausias poveikis pastatų pamatams, susijęs su smegduobių atsiradimu. <i>Major influence on building foundations related to Sinkhole development.</i>

pramonės šakų poveikis aplinkinėms teritorijoms (McCall et al., 1996).

Pirmųjų miestų statytojai labai kruopščiai parinkdavo miestui vietą, tinkamą gynybai, ir taip sustiprindavo jos strateginę reikšmę. Kai kuriais atvejais vietos parinkimą lemdavo eksploatuojamos iškasenos, pakrančių navigacinės ypatybės ar kultinė vieta. Labai svarbu buvo šalia turėti pakankamai vandens išteklių, kurie patenkintų stambios gyvenvietės poreikius bei atliktų gynybinę funkciją. Vėliau augant miestams jų pirminė funkcinė padėtis kito, plėtėsi urbanizuotos teritorijos, kuriose formavosi savitas sociumas. Urbanizuotoje gyvenamoje aplinkoje susikuriamas specifinis paviršius (pavyzdžiui, lėkštinami ar statinami šlaitai) (1 lentelė). Šiuo metu daugelyje šalių būsimų urbanizuotų teritorijų plėtrai naudojami visi galimi jų geomorfologinio kartografavimo būdai, kad būtų galima vienaip ar kitaip klasifikuoti aplinkos teritorijas. Tokie geomorfologiniai žemėlapiai atspindi reljefo formas (morfografija), šlaitų polinkį (morfometrija), dūlėsinių ar kietųjų uolienų sluoksnio storį (morfolitologija), paviršiaus ir požemio vandenį (morfohidrografija ir morfohidrogeologija), prognozuoja galimą paviršiaus raidą (morfohidrodinamika).

Žinios apie galimą paviršiaus formų kitimą labai svarbios. Iš jų galima spręsti apie galimą paviršiaus nestabilumą, susijusį su praėityje vykusiais ir dabar vykstančiais paviršių performuojančiais procesais. Tai labai svarbu kvartero apledėjimų paveiktoms sritims, tokioms kaip Vidurio ir Šiaurės Europa bei Šiaurės Amerika. Ypač pavojingos šiuo metu tampa giliau esančių nuogulų sluoksnių stovymės transformacijos (pavyzdžiui, durpių mineralizacija ir su tuo susijęs sluoksnio plonėjimas). Dėl aukštų pastatų sukeltos apkrovos paviršiui deformuojasi konstrukcijos, įvyksta katastrofos. Karstinės nuogulos, esančios po kvartero nuogulomis, sukelia papildomų problemų statybvietėse. Su šia problema susiduria dalis Europos šalių, taip pat ir Lietuvos šiaurinė dalis.

Didelė dalis šiuolaikinių geomorfologinių procesų veikia miestų teritorijos paviršių. Vidutinio klimato srityse, kur formuojasi birios, natrio ir kalio neturinčios dūlėjimo dangos, ypač molingose nuogulose, vyksta cikliški brinkimo ir džiūvimo procesai. Tokiose vietose būtina specialiomis priemonėmis stabilizuoti pastatų pamatus. Aridinėse srityse pavojingos slenkančios kopos ar barchanai, griauantys statybines konstrukcijas. Defliacijos procesai, nors ir vietiniai, intensyvūs Lietuvos pajū-



1 pav. Konstrukcinių darbų poveikis upės vagai ir slėniui: A – natūrali upės vaga, B – vagos pokyčiai po konstrukcinių pertvarkymų slėnyje, C – vagos ir slėnio forma prieš pertvarkymą, D – vagos ir slėnio forma bei nuogulos po konstrukcinių pertvarkymų

Fig. 1. Influence of constructional works for river channels and valleys: A – natural river channel, B – transformation of river channel after reconstruction in river valley, C – shape of river channel and valley before reconstruction, D – shape of river channel and valley as well as deposits after reconstruction

2 lentelė. Žemėnaudos kaitos poveikis fluvialiniams procesams

Table 2. Influence of land use change on fluvial processes

Žemėnauda Land use	Upės vagos būklė Channel condition
Miškai Forests	Siaura, vingiuota, su nedaug nešmenų. Narrow, meandering with low sediment load.
Retmiškiai Park forests and plantations	Šlaitais raižo išgraužos, padidėję maksimalūs debitai, vaga platinėja, vėliau stabilizuojasi ir šiek tiek susiaurėja. Gullying during clear weeding; peak discharge increased; channel slightly widened, later stabilized and slightly narrowed.
Urbanizuota teritorija Urban territories	Daug nešmenų, labai aukštas maksimalus debitas, vaga praplatėja, įgauna didesnę nuolydį, seklėja, šakojasi. High sediment yield; high peak discharge; metamorphosis to a wider, steeper, shallower braided channel.
Kanalizuota upė urbanizuotoje teritorijoje Sewered river in urban territory	Išauga nuotėkio maksimumas, sumažėja nešmenų, vaga paplatėja žemupio link, krantų erozija, lėkštėja vagos išilginis nuolydis, iš vagos išplaunamos smulkiagrūdės nuogulos. Higher peak discharge; less sediment load; channel enlargement downstream; bank erosion; minor channel incision; loss of fine bed material by scour.
Kanalizuotos upės dumblėjimas Post-sewerage siltation	Ties smėlio seklumomis kaupiasi dumblas ir organinė medžiaga, suveši augalai, kaupiasi nuogulos, sumažėja vagos pralaidumas. Mud and organic debris are deposited on sand shallows; plants thrive; deposition of sediments; reduced channel capacity.

ryje. Pavojų sukelia ir dirvožemio išpustymas, alinantis augaliją, reikalaujantis nuolatinio laistymo (papildomų vandens išteklių), ypatingos agrotechnikos. Aliuvinės deltos ir išnašų kūgiai ilgainiui „atgyja“ ir tampa labai pavojingomis geodinaminėmis zonomis, kuriose vyksta potvyniai ar formuojasi viską griauančios selės. Daugiamečio ar sezoninio išalo srityse būtina taikyti specialias izoliacines pastatų pamatų apsaugos nuo deformacijos priemones.

Miestų statyba keičia natūralų žemės paviršių, naikina dirvožemį ir augalijos dangą. Statant gali būti paveikti ir gilesni sluoksniai, esantys po kvartero nuogulų danga. Naujai urbanizuotose teritorijose dažnai po staigios liūtis žemės paviršiumi tekantis vanduo suformuoja išgraužas ar kaupiasi reljefo pažemėjimuose. Statesniuose šlaituose išnašų kūgiai suformuoja terasas, kurios nėra stabilios ir netinka aukštų pastatų statybai. Mieste tekančių upių krantai dažnai sutvirtinami krantinėmis (Vilniuje, Kaune, Panevėžyje), vagos tiesinamos, o kai kuriais atvejais upė kanalu nukreipiama tekėti aplink (Palma de Maljorka Ispanijoje, Vinipegas Kanadoje). Vandenį nukreipiantys kanalai dažniausiai kasami poplūdinį režimą turinčiose upėse. Kita hidrografinio tinklo transformacija – nedidelių upelių kanalizavimas ar pavertimas požemine tėkme (Vingrių šaltiniai Vilniuje, Girstupis Kaune). Visa tai pagreitina nuotėkį, sumažina potvynio pavojų, tačiau iš esmės paveikia požeminio vandens režimą.

Statybų sukelta žemės paviršiaus kaita dažniausiai suintensyvina eroziją bei naujų konsekventinių (su šlaito polinkiu ir nuogulų slūgsojimo kryptimi sutampančių) tėkmių susidarymą (1 lentelė, 1 pav.). Vienas iš erozijos mažinimo būdų – laipsniška statyba, tuomet žemės paviršius keičiamas ne taip intensyviai. Tai leidžia išvengti bereikalingo žemės paviršiaus ardymo, ypač sutampančio su paviršiaus nuolydžiu. Visiškai nuplikusiose vietose, šlaituose ir jų papėdėse būtina formuoti kaskadinius vandens baseinus, kuriuose kauptųsi paviršinės erozijos produktai, neleidžiantys susiformuoti intensyviems vandens ir nešmenų srautams. Tokių stabilizacijos priemonių buvo imtasi dar XIX a. pabaigoje Vilniaus Ribiškių priemiestyje.

Per liūtis padidėjęs nešmenų kiekis keičia upių ir upelių vagas (1 pav., 2 lentelė). Vagos paplatėja, jose atsiranda sekumų, tėkmė susiskaido protakomis. Laivininkystė skatina upių seklėjimą, o sekliose kaupiasi dumblas, krantai ir vagos apauga augalais. Tokias upes bandoma tiesinti ir siaurinti statant krantines, tačiau tokios brangios priemonės ne visada pasiteisina. Antai Vilniaus mieste vasaros nuosėkio metu Neris pakrantėse (ties

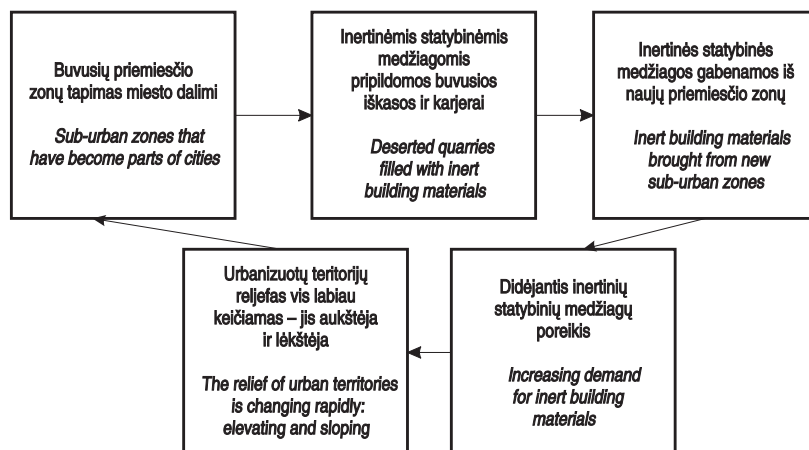
Žaliuoju tiltu) ir vagoje (ties Geležinio Vilko tiltu) apsinuogina sekumos, kurių užtakio dalyse kaupiasi dumblingos nuogulos. Kitoks vaizdas stebimas ties senuoju Žvėryno tiltu. Tiltu atramos susiaurino vagą ir šioje atkarpoje vaga gilinama. Išplovimai gali pažeisti tilto konstrukcijas ir destabilizuoti krantines.

Žemės paviršius priklausomai nuo jų sudarančių nuogulų gali būti keičiamas kuriant atodangas ar kasant karjerus. Didžiausios iškasos gali apimti nemažai kvadratinų kilometrų. Apleisti molio karjerai dažniausiai naudojami statybinių nuolaužų sąvartynams (Dvarčionių karjeras Vilniuje). Smėlio ar žvirgždo karjerai geriausiai atveju rekultivuojami ir paverčiami poilsio zonomis, tačiau dažnai jų dugne kaupiasi vanduo, o krantai apauga menkaverte augalija. Kartais tokie karjerai pertvarkomi į technogeninės paskirties objektus (Gariūnai). Naudingųjų iškasenų rajonuose dažnai taikomas šachtinis gavybos būdas. Šachtose susidaro palankios sąlygos kauptis metano dujoms, kurios gali bet kada sprogti. Metanas bei filtratas kaupiasi ir šiuolaikiniuose sąvartynuose (Šiauliuose).

Didelį pavojų kelia požeminio vandens eksploatacija. Susidaro požeminio vandens lygio depresijos, ryškiausiai matomos akumuliacinio kranto pajūrio miestuose.

Šiuolaikinio miesto raidoje vyksta labai intensyvi anksčiau suklostytų nuogulų perdislokacija (Gupta, Ahmad, 2000). Ypač daug nuogulų perdislokuojama tarp jūros ir kalnų įsispraudusiuose miestuose. Plečiant komunikacinę infrastruktūrą tenka susikurti dirbtines salas. Taip atsitiko statant Kansajaus, Singapūro ir Honkongo oro uostus. Kansajaus oro uoste dėl naujai supiltų nuogulų svorio jūros įlankos dugnas taip ženkliai pažemėjo, kad iškilo grėsmė būti apsemtiems oro uosto infrastruktūros objektams. Tiesiant antrąjį Kansajaus oro uosto kilimo taką buvo išsamiai įvertinti įlankos dugno izostatiniai pokyčiai. Nustatyta, kad įlankos dugnas per 50 metų gali nusileisti iki 18 metrų, tuo tarpu pirmajame take – iki 11 metrų. Kilimo takų eksploatacija rodo, kad dėl lėktuvų leidimosi take formuojasi nedideli įdubimai, kurie turi tendencija plisti išilgai tako.

Daugelyje miestų buvę smėlio, žvirgždo ir gargždo karjerai yra naudojami sąvartynams. Didelė dalis jų virsta presuotų šiukšlių kaupais, darkančiais miestų vertikaliąją erdvę. Naudingųjų iškasenų gavybos rajonuose išdygsta labai aukšti terikonai, taip pat tampantys miesto „simboliais“. Šios dirbtinės reljefo formos – tai greičiausiai kintantys urbanizuotų teritorijų topografinės elementai. Didžiausią pavojų terikonuose laikomos atliekos



2 pav. Urbanizuotos teritorijos reljefo kaitos schema
Fig. 2. Scheme of relief changes in urban territories

sukelia upių slėniams: dėl padidėjusios žemės paviršiaus apkrovos pakyla kai kurios slėnio dalys, išauga potvynių grėsmė.

Daugelis senų sąvartynų, tvarkytų pagal senas technologijas, yra apleidžiami (Stambulo, Manilos, Lietuvoje – Kariotiškių) arba transformuojami į kokybiškai naujus (Niujorko), kuriuose per dieną perdirbama iki 17 000 t mieste surenkamų atliekų. Daugelio sąvartynų pylimai yra nestabilūs. Pavyzdys – Pajatos sąvartynas Manilos pakraštyje; čia įvyko daug stambių nuoslinkų ir nuosliaužų. Sukurtos nestabilios teigiamos reljefo formos dažnai kelia pavojų žmonių gyvybei bei padaro milžiniškų materialinių nuostolių. Miesto pastatų regeneracija dažnai irgi yra pavojinga: nugriautų senų pastatų vietoje statomų pastatų pamatų platformoms panaudojamos senųjų pastatų nuolaužos. Ypač tai dažnai daroma upių slėniuose, siekiant paaukštinti pastatų cokolį. Senamiesčiuose pylimai taip pildomi kelis šimtmečius ar tūkstantmečius. Vilniuje antropogeninių nuolaužų (*kultūrinis?*) sluoksnis kai kur siekia 9 metrus. Nors toks miesto teritorijos paviršiaus transformavimas trunka ilgai, jis lemia du svarbius procesus: aukštėja miesto teritorijos paviršius ir daugėja į miestą gabenamų inertinių statybinių medžiagų, kurios dažniausiai koncentruojasi priemiesčio zonoje. Pateiktoje schemoje pavaizduota tolesnė urbanizuojamų teritorijų reljefo kaita (2 pav.).

Taigi urbanizuotų teritorijų reljefo geomorfologiniai tyrimai darosi svarbūs taikomuoju aspektu, nes tenka įvertinti būsimus paviršiaus pokyčius bei užtikrinti geresnę gyvenimo kokybę miestuose.

IŠVADOS

1. Miestų reljefo geodinaminį potencialą lemia keli veiksniai: genetiniai tipai ir nuo jų priklausantys morfometriniai paviršiaus rodikliai. Įvairesnė reljefo genezė lemia ir platesnį morfometrinių rodiklių diapazoną, tiesiogiai veikiantį paviršiaus erozinį potencialą.

2. Didžiausiu absoliučiu eroziniu potencialu pasižymi tos miestų teritorijos, kurių reljefas yra didesniame absoliučiaame aukštyje. Vertikalią reljefo sąskaidą skatina gravitacinius procesus ir kartu destruktinį geodinaminį procesų dėmenį. Absolūtiems reljefo erozinio potencialo dydžiams turi įtakos ir miesto teritorijos plotas. Net ir lygumos paviršiuje didesnio ploto miestuose atsiranda erozijos židinių.

3. Tirtųjų miestų teritorijų reljefo potencialą lemia santykiniai paviršiaus formų aukščiai ir šlaitų ilgai. Didesnės jų reikšmės rodo ir didesnius paviršinio nuotėkio renkamuosius baseinus, o tai savo ruožtu lemia reljefo energiją. Urbanizuojant tokias teritorijas būtina nesudaryti prielaidų formuoti stambesniems paviršinio nuotėkio baseinams.

4. Atsižvelgiant į erozinio reljefo potencialo bei miestų teritorijų naudojimo nevienodumą išskirti keturi skirtingi geodinamiškai paveikto reljefo tipai. Jų analizė rodo, kad visuose tirtuose Lietuvos miestuose vyrauja regeneracinis urbanizuojamo reljefo tipas. Rezervacinio reljefo tipui būtina priskirti teritorijas, kuriose aukštas erozijos potencialas ar numatytos vandens telkinių apsaugos zonos. Dažniausiai aukšto erozinio potencialo teritorijos yra apaugusios miško želdiniais, stabdančiais geodinaminį procesus. Želdinius būtina išsaugoti, o rezervacinio tipo reljefe neformuoti urbanistinių kompleksų. Regeneracinio tipo reljefe erozijos potencialas neviršija 1 mm/metus, kartu užtikrinamas

minimalus paviršiaus stabilumas. Statybvietėse, esančiose tokiose teritorijose, nereikalaujama imtis ypatingų apsaugos sąlygų. Urbodinaminis reljefo tipas dažnai susijęs su netinkamu pastatų ir komunikacijų projektavimu. Čia būtina papildomai sukurti reljefo pakopas (terasas, pylimus) bei suformuoti tinkamą paviršinio (lietaus ir sniego tirpsmo) vandens surinkimo sistemą, kartu sumažinant reljefo erozinį potencialą. Geodinaminio tipo reljefe reikalingos ypatingos apsaugos priemonės. Jo buvimas ir raida praktiškai nepriklauso nuo antropogeninės veiklos, tačiau būtina palikti neurbanizuotas apsaugines (buferines) juostas, skiriančias tokio tipo reljefą nuo urbanizuotų teritorijų.

Gauta 2007 03 20

Parengta 2007 04 17

Literatūra

1. Bennet M. R., Doyle P. (1997). *Environmental geology: Geology and the Human Environment*. Chichester: Wiley & Sons.
2. Cooke R. U. (1984). *Geomorphological hazards in Los Angeles*. London: George Allen & Unwin.
3. Česnulevičius A. (1997). Epigenetinis Lietuvos ledyno pakraščio darinių reljefo performavimas. *Geografija*. 33: 5–11.
4. Česnulevičius A. (1998). Geodinaminį procesų intensyvumo prognozė Lietuvoje. *Litosfera*. 2: 156–162.
5. Česnulevičius A. (2001). Geodinaminį procesų intensyvumo vertinimas. *Geografija*. 37(2): 5–12.
6. Česnulevičius A. (2005). Relief dynamic state of urban territories and tendency of its development. *Environmental Engineering*. 1: 63–68.
7. Gupta A., Ahmad R. (2000). Geomorphology and the Urban Tropics: building an interface between research and usage. *Geomorphology*. 31: 133–149.
8. *Įvertinti reljefo geodinaminę būklę ir kaitos tendencijas* (2002). Mokslo tiriamojo darbo ataskaita. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas.
9. McCall G. J. H., De Mulder E. F. J., Marker B. R. (1996). *Urban Geoscience*. Rotterdam: Balkema.
10. Morkūnaitė R. (2001). Miesto plėtros zonų reljefo atsparumo degradacijos procesams metodologinių kriterijų paieška. *Geografijos metraštis*. 34(2): 164–172.
11. Morkūnaitė R., Česnulevičius A. (2005). Recent investigations of the peculiarities of Vilnius relief dynamics. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. 53(3): 191–203.
12. Račinskas A. (1991). *Dirvožemio erozija*. Vilnius.
13. Žikulinas J., Ilgevičiūtė J., Česnulevičius A. (2006). Evaluation of anthropogenic relief changes by cartographic methods. *Cartography and Cartosemiotics. Cartography and Socio-cultural Research*. 3: 127–134.

Algimantas Česnulevičius

EVALUATION OF RELIEF GEODYNAMIC SITUATION IN URBAN TERRITORIES

Summary

Direct investigations of geodynamic processes in urbanized territories are complicated and expensive. There are two ways of solving the problem. The first way is to carry out detailed investigations in typical reference areas and to extrapolate the obtained results in a wider territory. Indirect investigations represent the second way. Thorough analysis of cartographic material is one of the indirect methods of investigation. GIS, comparison of maps of different themes, field mapping, and monitoring can help to accomplish the cartographic analysis. The data obtained by the mentioned methods enable to evaluate the degree of relief stability in various urban areas and to forecast the intensity of unwanted geodynamic processes entailed by anthropogenic activity.

Investigations embrace the influence of geomorphologic conditions on the development of the urban surface and cities; possibilities of adaptation of various types of surface to city needs; impact of urban processes on the earth's surface; changes of the forms of relief entailed by urbanization; storage of excavated deposits; evaluation of the impact of different branches of industry on the surroundings.

Building of cities changes the natural earth's surface and destroys the topsoil and plant cover. Building works may damage even deeper soil layers underlying the Quaternary sediments. Strong surface runoffs often occur in the new urban areas after rainfalls forming gullies and accumulating in the lowered zones of relief. The debris cones form unstable terraces on steep slopes, which are unfit for building up.

The riverbanks of urban territories are often reinforced by embankments (Vilnius, Kaunas and Panevėžys) and the channels are regulated. Conversion of small streams into underground flows is another kind of the transformation of hydrographic networks (in Vilnius and Kaunas). All these measures accelerate the runoff and reduce the probability of floods. The increasing drifts during the rainfalls modify the river or stream channel. This can be seen in Vilnius when during the summertime runoff silty shoals become exposed in the banks (near the Green bridge) and in the channel (near the Iron Wolf bridge) of the Neris River in Vilnius. Upstream the channel of this river is deepened and the banks are eroded. The washout may damage the bridge constructions and destabilize the embankments.

The transformations of the earth's surface related with building works mostly intensify the erosion and facilitate the formation of the new flows. Gradual building, when the earth's surface is transformed less intensively, is one of the ways to reduce the rates of erosion.

Formation of outcrops and digging quarries transform the city relief. The deserted quarries are mostly used as landfills of building

wastes (Dvarčionys quarry in Vilnius). The sand or gravel quarries is at best recultivated and converted into recreation zones. Sometimes these quarry objects are converted into technogenic objects (Gariūnai in Vilnius). Mineral deposits are often exploited by mining. Mines are a place for accumulation of methane gases which may explode at any time. Methane and filtrate accumulate also in the modern landfills (Šiauliai).

The groundwater exploitation is rather dangerous. It causes occurrence of groundwater table depressions. They are very distinct in the cities of accumulative coast.

Very high terricones appear in the regions of mineral deposits exploitation (Kėdainiai). The artificial forms of relief represent the most rapidly changing topographic elements of urbanized territories. The storage of wastes in the terricones represents the greatest hazard in river valleys. Some parts of valleys elevate due to large loads on the earth's surface. The probability of floods increases.

Many old landfills, managed using the out-of-date technologies, are deserted (Kariotiškės) or transformed into qualitatively new ones (planned in Kazokiškės). The fills are unstable. The artificial positive forms of relief are dangerous for human life and entail huge material losses.

It is expedient to evaluate the intensity of geomorphologic processes in the urbanized territories within homogeneous geosystems, lithomorphogenetic types of relief. Usually, the evaluation embraces geodynamic processes of a few groups: erosion, deflation, fluvial, suffusion, and organogenic. The area and density of the new forms of relief were determined in different lithogenic types of relief. The urban territories were typified on their basis:

Type I – reservation. Greeneries, water bodies and water protective zones. They are the territories where urbanistic activity is not taking place. The rates of erosion and deflation processes in them do not exceed 0.1 mm/year. Only sedimentation processes are possible in water bodies and in waterlogged areas (up to 10 mm/year).

Type II – regeneration. The territories are intensively urbanized in flat and undulating plains. The degree of relief transformation is low (up to 1 mm/year). The relief transformation is confined to smoothening of the building site, formation of the basement pit and tidying the area around the building site.

Type III – urbodynamic. The territories are urbanized in dissected relief. The surface transformations related to the building works are appreciable (1–3 mm/year). In these territories, conditions are created for intensive transformation processes: plane and fluvial erosion (1–3 mm/year).

Type IV – geodynamic. Intensive erosion processes take place in non-urbanized territories (more than 3 mm/year). Special measures are necessary to urbanize these territories.