

TECHNOGENINĖS ENERGIJOS TYRIMAI KRAŠTOVAIZDŽIO GEOGRAFIJOS MOKSLO DARBUOSE

Laurynas Jukna

Vilniaus universitetas, Gamtos mokslų fakultetas, M. K. Čiurlionio 21/27, LT-03101, Vilnius
El. paštas: Laurynas.Jukna@gmail.com

Jukna L. INVESTIGATIONS OF TECHNOGENIC ENERGY IN SCIENTIFIC WORKS OF LANDSCAPE GEOGRAPHY. *Annales Geographicae* 43–44, 2010–2011.

Abstract. Technogenic energy can be used as a rate to evaluate the level of anthropogenic transformation of environmental systems, sustainability of man living space, level of different societies and cultures development even economical utility in producing goods and services. But anthropogenic landscape research are expanding in different directions depending on perception of material reality that surrounds us. The same situation is in technogenic energy research. This article presents an overlook of scientific works in landscape technogenic energy theme in spheric-philosophic, geosystemic and ecosystemic approaches. Contribution of Lithuanian authors in technogenic energy field reviewed in separate chapter of this paper.

References 104. In Lithuanian, summary in English

Keywords: Technogenic energy, anthropogenic landscape, noosphere, technosphere, geosystem, ecosystem.

Received 11 July 2011, accepted 30 October 2011

Įvadas

Intensyvėjanti ir vis didesnę pagreitį įgaunanti kraštovaizdžio antropogenizacija-aktuali tema įvairių sričių specialistų darbuose, geografo pradėta nagrinėti dar XIX a. pabaigoje-XX pradžioje (Марш, 1866; Докучаев, 1899; Sauer, 1925; Бегр, 1931). Nuo to laiko, kraštovaizdžio moksle atsirandant ir įsitvirtinant naujiems požiūriams į mus supančią materialiąją realybę, įvaldant naujus tyrimo metodus vis dažniau imta kalbėti apie žmogaus poveikį gamtai, natūraliam kraštovaizdžiui, ekosistemoms, žmogaus kuriamos erdvės savybes, jo gyvenamosios aplinkos kokybę, būklę, žmogaus tvarų sugyvenimą su gamta ir jos tvarkymo bei palaikymo galimybes. Čia svarbi vieta tenka žmogaus įvaldytos, transformuotos energijos tyrimams.

Kraštovaizdžio moksle galima išskirti tam tikras tarpusavyje besiskiriančias kryptis, kuriomis remiantis vystėsi žmogaus įvaldytos energijos tyrimai. Tai visų pirma sietina su sferiniu ir sisteminiu aplinkos suvokimu. Sferinio – filosofinio požiūrio atstovai kraštovaizdį suvokė kaip žmogaus formuojamą ir nuolat keičiamą erdvę.

Tuo tarpu sistemų teorijos pritaikymas geografijoje lėmė dviejų jos krypčių - geosisteminės (kraštovaizdžio kompleksų) ir ekosisteminės teorijų vystymą. Geosisteminė (kraštovaizdžio kompleksų), akcentuoja tiek biotinių, tiek abiotinių kraštovaizdžio komponentų lygiavertiškumą, gal būt net labiau linkstant į abiotinių komponentų tyrimus. Savo ruožtu ekosistemų teorijos dėmesys fokusuojamas į gyvųjų organizmų ir jų buveinių tyrimus, atskirai pabrėžiant žmogų bei jo gyvybinės raiškos erdvę.

Straipsnyje apžvelgiamas minėtųjų požiūrių sekėjų įdirbis technogeninės kraštovaizdžio energijos srityje, tai galėtų būti savotiškas atspirties taškas, energetinės kraštovaizdžio struktūros išaiškinimo procese, kas yra objektyvus kraštovaizdžio technogeniškumo laipsnio, žmogaus poveikio natūraliai gamtai nustatymo būdas. Straipsnyje atskirai aptariamas ir Lietuvos mokslininkų indėlis šioje srityje.

1. Technogeninė energija sferinio filosofinio požiūrio darbuose

Sferinio – filosofinio požiūrio, ties kuriuo aktyviai dirbo rusiškosios kraštovaizdžio geografijos mokyklos atstovai pradininku laikomas V. I. Vernadskis, kuris savo darbuose plačiai aprašė biosferą – gyvų organizmų egzistavimo sferą. Kalbėdamas apie biosferą šis autorius palietė ir „gyvosios medžiagos“ – biosferos narių energijos klausimą. Remdamasis gyvosios gamtos evoliucijos idėja, jis suformulavo noosferos koncepciją, kuri evoliucionuojant organizmams atsiranda iš biosferos. Šioje sferoje svarbiausias objektas yra žmogus ir jo mąstančios būtybės proto, sąmoningų veiksmų sąlygota veikla, energija. Vernadskis vienas pirmųjų iškėlė minties kaip nematerialios energijos formos sampratą, teigdamas, jog: „ jei mintis nėra energija, taip kaip ji geba keisti materialius procesus?“ (Вернадский, 2004).

Noosferos idėją kėlė ir Vernadskio amžininkai prancūzai – E. Le Roy ir T. de Šardinas. Le Roy (1927) noosferą suprato kaip naują geologinį reiškinį mūsų planetoje, kur žmogus darbo ir minties jėgos pagalba pertvarko savo gyvenamą aplinką (Le Roy, 1927). De Šardino darbuose noosfera yra „mąstantis žemės apvalkalas“, kuriamas žmonių proto ir dvasinių galių dėka (de Chardin, 1964, 1965). Šių autorių darbuose, kaip ir Vernadskio, aiškus dėmesys skiriamas žmogaus vystymosi, gyvensenos ir veiklos eigoje besiformuojančios erdvės, kurios pagrindinis variklis yra „gyvosios medžiagos“, žmogaus proto (intelekt) energija klausimui.

Apskritai, noosferos koncepcija, nors ir nesulaukusi reikiamo dėmesio Vernadskiu dar esant gyvam, laikui bėgant įgavo vis didesnę atgarsį įvairių autorių darbuose (Григорьев, 1966, 1970; Баландин, 1982; Гумилев, 2001; Анненков, 1989; Веденин, 1990; Глазовский, 1988; 1989; Гиренок, 1987; Моисеев, 1990; Бонадарев, 1997; Буровский, 2010), tačiau žmogaus sferos energetinis apvalkalas, energetinė aura ir noosferoje plintantys žmogaus transformuotos energijos srautai aptariamai ne visuose darbuose arba apžvelgiami labai apibendrintai, taip antropogeniškai apdorotai energijai antroposferoje suteikiant savotišką mistifikuotą, sunkiai išmatuojamo ir išreiškiamo nematerialaus dydžio įvaizdį.

Pritardamas Vernadskio nuomonei filosofas, nagrinėjęs geografijos mokslų vienovės, geografijos teorijos klausimus – F. I. Girionokas (Гиренок, 1987) teigė, jog šalia žmogaus veiklos geografiniame apvalkale, jis su geografine aplinka sąveikauja ir per biomedžiaginius, ir per antropoenergetinius kontaktus, kurie tarpusavyje tampriai susiję. Be to, pasak šio autoriaus, žmogaus veikla koncentruojasi ne tik į jo „gyvojo“, tačiau ir „neorganinio“ kūnų palaikymą. Kalbėdamas apie žmonijos neorganinį kūną, autorius omenyje turi žmogaus veiklos produktus – technosferą. Gilindamasis į geografijos kaip integralaus mokslo, apjungiančio visuomeninę–socialinę noosferos ir gamtinę technosferos dedamąsias, Girionokas pabrėžė, jog būtina intensyvi šiuos geografijos blokus vienijančių faktorių, požymių paieška, tarp kurių į pirmą vietą iškyla energijos ir medžiagos apykaita geografiniame apvalkale.

Kitas noosferos koncepcijos sekėjas N. Moisejevas (1990) visuomenės išsivystymo lygį tapatino su energijos įsisavinimo laipsniu žmogaus buityje. Žmogaus įvaldytus energijos šaltinius ir jų įvaldymo spartą, kuri skaičiuojama nebe tūkstančiais ar šimtais metų jis prilygino tokiems gamtiniams procesams kaip potvyniai, vulkanizmas, uraganai.

L. N. Gumiliovas (2001) savo laiku daug diskusijų sukėlusiam darbe „Etnogenezė ir Žemės biosfera“ teigė, jog energetiniai biosferos impulsai visuomenėje perteikiami per atskirus individus ar net ištisus etnosus, o Vernadskio aprašytas biogeocheminės energijos pasisavinimas išreiškia žmogaus ir aplinkos ryšius. Gumiliovas kalbėjo ir apie paslaptinę energijos atmainą, ateinančią iš kosmoso ir gebančią veikti žmonių elgesio stereotipus, šią paslaptinę, mistifikuotą žmogaus arba etnosų sugeriamą energiją jis apibrėžė kaip pasionarumą.

A. M. Burovskis (2010) remdamasis Vernadskio noosferos koncepcija ir Gumiliovo kultūrų raidos, pasionarizmo idėjomis sukūrė antropoekosofijos mokslą. Čia pagrindinis tyrimų objektas yra antropogeosfera – žemės apvalkalas, transformuojamas mąstančios medžiagos, tai yra žmogaus plačiąja prasme ir visuomenės, jos energijos. Autorius savo

darbe nagrinėja etnosų, kultūrų evoliucijos, erdvinės jų plėtros geografiniame apvalkale, vystymosi procesus. Pakankamai svarbią vietą antropoekosofijos moksle užima ir kultūrų energetikos klausimas. Gilindamasis į atskirų kultūrų ekologinę būklę, jis iškelia kiekybinio ekologinės aplinkos būklės vertinimo problemą. Kaip vieną pagrindinių aplinkos ekologinės būklės kiekybinio vertinimo kriterijų autorius įvardija energiją ar darbą skirtingoms medžiagoms, produkcijai sukurti, procesams atlikti (Буровский, 2010). Буровский skirtingų kultūrų kiekybiniam palyginimui naudojo E. Odumo (1975) energijos efektyvumo (transformuotumo) indeksą – išgaunamos ir panaudojamos energijos kiekio santykį su saulės energijos, patenkančios į nagrinėjamą teritoriją, kiekiu. Remdamasis šiuo indeksu jis aiškino istorines kultūrų migracijas, užkariavimus. Dominuojančių kultūrų ekspansija, plėtra, aiškintina sugebėjimu efektyviau, anksčiau ir intensyviau iš kraštovaizdžio išgauti transformuoti ir kryptingai panaudoti energiją. Kiekybiškai lyginamas skirtingas kultūras, pavyzdžiu imdamas agrarinio tipo visuomenes (kultūras), Буровский (2010) išgautą ir transformuotą energiją suskirstė į tris tipus: 1) energija, eikvojama gyvenimui aprūpinti, 2) funkcinės paskirties energija, 3) nefunkcinė energija. Pirmajam energijos tipui priskiriama su maistu gaunama energija, kuro, šildymo, būsto statybų ir jo funkcionalumo bei viso „gyvenamojo“ kraštovaizdžio palaikymo energija. Funkcinės paskirties energija – tai kraštovaizdžio transformavimo, pramonėje eikvojama ir panašaus pobūdžio energija. Paskutinis energijos tipas – tai energijos likutis nuo žmonių eksplotacinių, kraštovaizdžio transformacinių darbų. Буровский (2010) mini ir visoms be išimties kultūroms būdingą bruožą – kaupti, materialioje išraiškoje akumuliuoti energiją (grūdų, įvairių produktų pavidalu). Savo darbe šis autorius sudarė hierarchinę visuomenės energetinę piramidę, kur žemiausią pagal rangą vietą užima visuomenės sluoksnis, kuris betarpiškai išgauna medžiagą (ūkininkai, medžiotojai), aukščiau jų yra išgautą medžiagą ir energiją, energijos produktus transformuojantys individai. Ir pagaliau piramidės viršūnę užima elitiniai kultūros veikėjai, užsiimantys organizacine, informacine veikla.

Kitas rusų mokslininkas J. A. Vedeninas, mėgindamas spręsti kultūrinio kraštovaizdžio formavimo problemas, kaip metodologinį pagrindą formuojant kultūrinio kraštovaizdžio sąvoką naudojo Vernadskio noosferos koncepciją, pagal kurią ši antropogenuoto kraštovaizdžio atmaina gali būti apibrėžta kaip vieninga ir teritoriškai lokalizuota medžiagos, energijos ir informacijos visuma, susiformavusi spontaniškų gamtinių procesų metu ir pertvarkyta intelektualios kūrybiškos žmogaus veiklos (Веденин, 1990).

L. L. Rozanovas, geotechnomorfologijos mokslo kūrėjas, savo darbuose kalbėdamas apie geotechnomorfogenezę, technolitomorfogeninį apvalkalą, technogeninį reljefo formavimą, taip pat pabrėžia žmogaus valdomos medžiagos ir energijos įtakos svarbą formuojant technosferos ir apskritai visos žmogaus gyvenamos aplinkos veidą. Technosfera jo darbuose suprantama kaip žmogaus veiklos, gyvenamos eigoje sukurtų objektų visuma, apimanti techniką, statinius, infrastruktūros elementus ir visus žmogaus darbo dėka modifikuotus ar dirbtinai sukurtus elementus. Kaip vieną svarbiausių reljefą formuojančių jėgų Rozanovas mini technogeninę energiją (Розанов, 1989, 2001).

N. F. Glazovskis (1988), skirdamas struktūrinius noosferos sluoksnius išskyrė geonoosferą (10^6 cm į viršų nuo žemės paviršiaus ir 10^5 į apačią), erdviu atžvilgiu artimą biosferai ir geografiniam apvalkalui. Tai aktyvios žmogaus veiklos sritis, kur naudojami atmosferos, hidrosferos, dirvožemių, litosferos paviršiaus ir gyvosios medžiagos resursai. Šalia šio noosferos sluoksnio, pasak autoriaus reikėtų skirti ir sritį, kuri atitiktų žemės kraštovaizdžio apvalkalą – oikumeną (10^5 cm, nuo žemės paviršiaus) – pagrindinę žmogaus veiklos sferą, kur pasireiškia politiniai, kultūriniai, etniniai ir kiti žmogaus veiklos sričių aspektai bei didžiausia, tampriausia energetinė, medžiaginė ir informacinė sąveika su aplinka.

Apskritai Glazovskio (1988) ir daugelio kitų aukščiau paminėtų rusų mokslininkų darbuose dėmesys technogeninės, transformuotos energijos srautų tyrimams yra palyginti menkas. Nors jau nuo XX a. 6–7 dešimtmečių kraštovaizdžio geografiniai teigė, jog energetiniai kraštovaizdžio ryšiai yra lygiai taip pat svarbūs kaip medžiaginiai ar net informaciniai (apie

pastaruosius pradėta kalbėti gana neseniai), to patvirtinimą galima atsekti noosferos, technosferos, antropogeninio kraštovaizdžio ir kraštovaizdžio apskritai apibrėžimuose. Visgi, iki šiol geografijos moksle kiekybinio kraštovaizdžio ir būtent energijos vertinimo klausimai paliečiami labai nedrąsiai, tyrimai tarsi užstringa teorinių, filosofinių samprotavimų lygmenyje.

2. Technogeninė energija geosisteminio požiūrio darbuose

Vystant geosisteminį, kaip ir sferinį – filosofinį požiūrį, jaučiamas didelis rusų mokyklos ir post-sovietinių valstybių mokslininkų įdirbis, nors kaip teisingai yra pastebėjęs D. Veteikis (2002), pastarųjų požiūrių apraiškų galima atrasti ir vakarų Europos bei JAV geografų darbuose.

Geosistemų teorijos atsiradimas geografijoje atvėrė dideles galimybes kraštovaizdžio kompleksų ar kitaip tariant geosistemų, jų sisteminių ryšių tyrimams. Visgi praktikoje didžioji dalis šių tyrimų apėmė tik gamtinių kompleksų ryšių, tarp jų ir gamtinės energijos geofizinę analizę. Tuo tarpu gausūs antropogenizuoto kraštovaizdžio, kuris suprastas kaip gamtinės – techninės, gamtinės – visuomeninės (Преображенский, Мухина, 1984), geotechninės (Ретеюм, Дяконов, Куницын, 1972), gamtinės – gamybinės (Куракова, Романова, 1989), gamtinės – ūkinės (Николаев, 1987) sistemos (iš esmės šie terminai naudoti kaip sinonimai, skirti apibūdinti žmogaus transformuotas ar dirbtines geosistemas) energetiniai tyrimai, dažniausiai apsiribojo bendru antropogenizuoto, antropogeninio kraštovaizdžio apibrėžimo nustatymu. Pastarasis geosisteminėje koncepcijoje apibūdinamas kaip daugia-parametrinė organizuota sistema (Kavaliauskas, 1976), šioje sistemoje antropogeniniai ir gamtiniai elementai susaistyti tiesioginiais ir atgaliniais medžiagininiais, energetiniais ir informaciniais ryšiais (Ретеюм, Дяконов, Куницын 1972). Nors geosistemų teorijoje į pirmas gretas iškeliami atgaliniai, tiesioginiai, vidiniai ir išoriniai–tarpusisteminiai ryšiai, tačiau technogeosistemų energijos klausimas, o ypač kiekybinio pobūdžio analizė laikui bėgant (skirtingai nuo gamtinių kompleksų tyrimų) neįgavo didelio populiarumo. Nors kai kurių autorių gamtinių kompleksų energetinio vertinimo idėjas galima pritaikyti ir geotechninių sistemų energijos srautų analizei.

Gal būt kiek plačiau technogeninės energijos temą viename iš straipsnių palietė A. J. Retejumas, K. N. Djakonovas ir L. F. Kunicynas (1972). Pastarieji autoriai, nagrinėdami gamtos ir technikos, visuomenės produktų santykį, sudarė sistemų klasifikaciją pagal jų santykį su aplinka. Jie išskyrė du geotechnosistemų tipus – gamybinės ir aptarnaujančias. Reikėtų pastebėti, jog šie autoriai pabrėžia materijos ir energijos ryšį. Gamybinės sistemos, suskaidytos į išgaunančias ir perdirbančias. Gamybinės sistemos išgaunamos medžiagas būtent ir yra atspirties taškas, duodantis pradžią materialiams – energetiniams srautams. Savo ruožtu perdirbančiosios transformuoja jau išgautą medžiagą su tikslu išgauti energiją. Prie pastarųjų reikėtų priskirti tokius „energetinius darinius“ kaip metalo lydymo gamyklos, trąšų gamybos įmonės ir pan. Aptarnaujančios technosistemos autorių skirstytos į aktyvias ir pasyvias pagal poveikį aplinkai. Aktyvios sistemos aplinką veikia per energijos ir materijos perdavimą. Retejumas ir kolegos kalba apie energijos poreikį visuomenėje ir jį gebančias patenkinti technosistemas. Prie tokių sistemų jis mini šilumines elektrines, kurios dirbdamos sukuria didžiulius masių ir energijos apykaitos su aplinka srautus. Techninių sistemų poveikis aplinkai autorių apibūdinamas keliais aspektais, priklausomai nuo technosistemų tipo. Kai kurios sistemos tiesiog pasisavina saulės energiją, ją transformuoja į šiluminę ir kaip šalutinį produktą gražina į atmosferą. Kitu atveju, energijos apykaita susieta su funkcionavimu, kuris užtikrinamas kuro sąnaudų pavidalu. Retejumas geotechnines sistemas apibrėžia kaip sistemas, kuriose gamtinis ir techninis blokai apsprendžiami energetiniais–materialiais ir informaciniais tiesioginiais bei atgaliniais ryšiais, todėl jos egzistuoja kaip vientisa esybė. Tokiom geotechninėms sistemom jis priskiria užtvankas, kuriose energiją išgauna, ją transformuoja išgaunančios energetinės paskirties posistemės arba techniniai blokai.

A. G. Isačenko, savo darbuose nagrinėjęs antropogenizacijos, antropogeninio kraštovaizdžio apskritai klausimus (1974, 1974a, 1987, 1998), gamtos ir visuomenės sąveikos

problemas, geografijos mokslų vieta, šiame kontekste pabrėžė kiekybinių gamtos ir visuomenės procesų, sąlygotų visų pirma energijos ir materijos srautų žinių, tyrimų svarbą. Pasak jo, įvairiapusiai energijos ir jos judėjimo įtakoti materijos srautai bei dėl to vykstantys procesai yra svarbūs geografijos mokslui, visų pirma dėl teritorinių sistemų apgyvendinimo ir ūkio išdėstymo aspektų. Visuomenės, žmogaus energijos ir materijos srautai turi pastebimų, kartais net labai aiškių pasekmių gamtinių geosistemų funkcionavimui. Isačenko kalbėjo apie bendrą gamtinį–visuomeninį energijos ir medžiagų apykaitos ratą. Tačiau jo nuomone reikia atskirti du kiekybiškai skirtingus šios apykaitos narius – gamtinius ir techninius elementus. Mokslininkas pabrėžė šių dviejų energijos ir medžiagos dedamųjų pasaulinio metabolizmo kompleksinių tyrimų sudėtingumą (Исаченко, 1987).

Čekoslovakų geografas J. Demekas kaip analogą gamtinėms–techninėms sistemoms skyrė socialines–ekonominės geosistemas. Jis pabrėžė kraštovaizdžio kaitos, įtakotos antropogeninių veiksnių, tyrimų svarbą ir tarp kitų visuomenės veiklos rūšių, kurios įtakoja aplinkos kaitą, mini gamybinių jėgų energetinę bazę, galią (Демек, 1977).

Vokiečių kraštovaizdžio geografijos–ekologijos mokslų klasiko E. Neefo viename straipsnių, kuriame jis iškelia energijos ir medžiagų mainų tarp visuomenės iš gamtos problemą, kiek plačiau aptariamas technikos santykis su kraštovaizdžiu (beje, pabrėžiant, jog tai yra geografijos mokslo tyrinėjama problema). Jo manymu, ši problema mokslo išsprendžiama tik tuo atveju, jei tyrimai koncentruojami į energijos ir medžiagų apykaitą sistemose. Neefo (1969) požiūriu, sistemas dėl glaudaus medžiagos ir energijos sąryšio galima vertinti kaip energetines struktūras, todėl jis siūlo šioms struktūroms analizuoti ir jų procesams tirti naudoti energetinius metodus atsižvelgiant į energijos sklaidos dėsninumus. Kalbėdamas apie geotechninį metabolizmą, jis mini energijos transformacijas žmogaus veiklos eigoje. Žmogaus transformuota energija, užfiksuota materialiose struktūrose ir antropogeninių procesų metu išgaunama energija yra viena Neefo sudarytos kraštovaizdžio energetinio potencialo lygties dedamųjų. Svarbi grandis susiejanti visuomenę ir gamtą Neefo straipsnyje yra darbas – energijos matavimo matas (Heeф, 1969).

Geosisteminio požiūrio pavyzdžių galima atrasti ir vakarų šalių geografo darbuose. H.E. Thomas 1956 m. rašė apie energijos ir medžiagos apykaitos modelių panaudojimą vertinant žemės paviršiaus įsisavinimo žmogumi procesus (Thomas, 1956). Panašias mintis dėstė ir D. N. Milleris, kurio manymu, svarbu nustatyti energijos ir medžiagos balansą sistemose prieš pradėdant vykdyti bet kokius projektus, susijusius su aplinkos įsisavinimu. Savo straipsnyje jis aptarė pramoninių, techninių procesų eigoje gamtiniame ir kultūriniame kraštovaizdyje atsirandančias modifikacijas, jų įtaką medžiagos ir energijos balanso struktūrai, o taip pat energijos virsmus iš vienos formos į kitą. Nemažą dėmesį jis skiria urbanizuoto kraštovaizdžio energijos balanso nustatymui. Straipsnyje palyginamos technogeninės ir saulės energijos išlaidos ir transformacijos kraštovaizdyje, pateikiant konkrečius pavyzdžius (Miller, 1972).

3. Technogeninė energija ekosisteminio požiūrio darbuose

Paraleliai besivystant geosisteminiam požiūriui, Vakarų Europoje ir JAV „ekologizuojantis“ kraštovaizdžio geografijos mokslui plačiai prigijo ekosisteminė koncepcija. Ekosisteminė koncepcija koncentruoja dėmesį į gyvųjų organizmų (ir žmogaus), jų buveinių, gyvybinės erdvės tyrimus. Z. Naveho (1996) teigimu, metodologinė kraštovaizdžio ekologijos šerdis yra visuotinės žmogaus ekosistemos (Total human ecosystem) teorija. Ją dar septintojo dešimtmečio pradžioje suformavo F. E. Egleris. Pačio Eglerio teigimu, pagrindinė visuotinės žmogaus ekosistemos (VŽE) mintis yra ta, jog žmogus ir jo gyvenamoji aplinka gamtoje formuoja vientisą erdvę, kurią reikėtų tirti, nagrinėti kaip aukščiausią ekosistemų hierarchinį lygmenį (Naveh, Lieberman, 1996; Egler, 1970). Kitaip tariant žmogaus negalima atskirti nuo gamtos, jis nėra tik išorinis ekosistemas transformuojantis faktorius. Vėliau VŽE idėjas plėtojo ir kiti mokslininkai (Naveh, 1980, 1995, 1998, 1996; Koestler, 1969).

A. Koestleris sudarė ekosistemų hierarchinį medį, kurio viršūnėje atsiduria visuotinė žmogaus ekosistema (1969). VŽE žmogus yra „kertinis akmuo“, gebantis įtakoti savo gyvenamosios aplinkos (VŽE), kokybę, joje vykstančius procesus. Tad kalbant apie VŽE, būtina paliesti ir energijos, medžiagos ir informacijos srautų klausimą. Tai savo darbuose kiek vėliau padarė Z. Navehas. Technogeniniai ir intensyviai eksploatuojami agroindustriniai kraštovaizdžiai pasak šio autoriaus yra priklausomi vien tik nuo iškastinio kuro energijos ir praradę tokias sistemines savybes kaip atsinaujinimas (regenracija), savos struktūros organizavimas (1998). Navehas skirstė ekotopus pagal energijos, medžiagos ir informacijos įnešimą iš bio- ir technoekosistemų, kurių visuma sudaro VŽE. Jo sudarytame modelyje išskiriama saulės energijos dėka egzistuojančios natūralios bioekosistemos ir iškastinio kuro energijos palaikomos miestų ir kaimų technosistemos. Galima skirti ir tarpinę Naveho skiriamą ekosistemų grandį energijos srautų srityje – tai agrokultūrinės bioekosistemos, kuriose vyrauja tiek saulės, tiek iškastinio kuro energija (Naveh, 1980; 1998). Navehas savo darbuose, ekosistemų varikliu apibūdina energijos apykaitos procesus, pridėdamas prie šios ekosistemų funkcionavimo, egzistavimo sąlygos dar ir medžiagos ir informacijos apykaitos svarbą (Naveh, Lieberman, 1996).

Z. Navehas savo idėjų sėmėsi iš daugelio kraštovaizdžio ekologijos mokslo sekėjų. Knygoje „kraštovaizdžio ekologija“ jis apžvelgia ne vieno mokslininko darbus, kuriuose taip pat pakankamai svarbi vieta skiriama ekosistemų ryšių ir, svarbiausia, energetinių ryšių klausimui. Tokiu pavyzdžiu gali tarnauti H. Ellenbergo (1973) funkcinis ekosistemų suskirstymas. Aukščiausio rango (mega-) ekosistemas jis skirstė į natūralias ir artimas natūralioms, kurios didžiąja dalimi yra priklausomos nuo saulės radiacijos, taip pat dirbtines urbanizuotas – industrines ekosistemas, kurių egzistenciją sąlygoja iškastinis kuras ir nuo neseniai – branduolinė energija (Ellenberg, 1973). Čia pat, Naveho (1996) „kraštovaizdžio ekologijoje“ apžvelgiamas ir A. Tofflerio futuristinio pobūdžio veikalas pavadinimu „Trečioji banga“ (1980), kuriame minėtasis autorius kalba apie visuomenės ir jos veiklos produktų visumos - technosferos raidos cikliškumą. Tofflerio manymu mes išgyvename trečiąjį postindustrinį revoliucinį visuomenės raidos etapą, kuris atėjo po antrosios visuomenės vystymosi bangos – pramoninės revoliucijos. Savo ruožtu, pirmoji banga – tai įvykusi agrarinė revoliucija. Be visą ko, Toffleris pabrėžia ir visuomenės, kokioje vystymosi stadijoje ji bebūtų, priklausomybę nuo energijos, kuri kartu su produkcijos ir paskirstymo sistemomis yra technosferos dalis. Priklausomai nuo visuomenės raidos ciklo, žmonės naudoja vis tobulesnius energijos išgavimo ir perdavimo įngius, taip įvaldydami vis naujas energijos rūšis, todėl energijos įvaldymo lygis, anot Tofflerio (1980), kalba apie kultūros išsivystymo laisprį (Naveh, Lieberman 1996, Toffler, 1980).

Apskritai Vakarų kraštovaizdžio mokslo atstovai dar 6 – 7 XX. amžiaus dešimtmetyje, vykstant intensyviai sisteminiui požiūriui įsitvirtinimui, atkreipė dėmesį į energijos dar kaip ir kraštovaizdžio kaitos indikatorius klausimą. 1965 m. išleista amerikiečio L. Lintono publikacija apie energijos geografiją. Lintonas kalbėjo apie galimybę, arba tiksliau, būtinybę tokius procesus kaip kapitalo, gyventojų, techninės informacijos, pagamintos energijos, vandens ir kt. srautų dydžius suvesti į tokius matavimo vienetus ir taip išreikšti, kad jas galima būtų vaizduoti kaip energetinius perdavimus, analogiškus ekosistemų ryšiams. Jis išskyrė kelis pagrindinius energijos tipus: Saulės energiją, vidinę Žemės, Saulės sistemos sukimosi energiją ir gyvybiškai svarbią žmogaus naudojamą energiją. Lintonas manė, jog energija ir jos matavimo vienetai – kalorijos ir vatai – galėtų būti integruojanti ašis, kurios dėka galima apjungti gamtinės ir visuomeninės geografijos sritis (Linton, 1965).

R. White'as (1994) siūlė energijos ryšių analizę įtraukti į urbanizuotų teritorijų metabolizmo tyrimus. Jo manymu energija yra visų ekosistemose (įskaitant ir ekonomines sistemas) vykstančių procesų vardiklis.

Panašias į aukščiau aptartas Lintono ir White'o mintis dėstė ir I. D. Simmonsas (1978). Ieškodamos bendrų sąlyčio taškų tarp gamtinės ir visuomeninės geografijos, jis į pirmą planą kėlė visuomenės energijos tyrimus, teigdamas, jog tokiu būdu atsiveria kelias į ryšių tarp

žmogaus ir gamtos išaiškinimą per antropogeninio poveikio laipsnio nustatymą, per gamtinių išteklių panaudojimo mastus. Vis dėl to Simmonsas (1978) išvelgė grėsmę vertinant energiją, nes kalorijų, džaulių „vienpusiškumas“, pasak jo, gali neatskleisti kokybinių ir visuomeninių, socialinių ekosistemų ryšių pusių, kas geografijoje jo teigimu ypač svarbu.

Simmonsas rėmėsi H.T. Odumo darbais, kurį kraštovaizdžio ekologijos srityje galima laikyti klasiku. Odumas dar savo ankstyvuose darbuose iškėlė mintį, kad gamtines ir ekonomines – visuomenines ekosistemas galima nagrinėti vienu bendru apsektu – per energetinę prizmę (1971, 2007); jis suformavo emergijos („emergency“) sąvoką. Tai vienos rūšies energijos kiekis, reikalingas vienai medžiagos būsenai, ar vienai medžiagai paversti į kitą. Remdamasis šia sąvoka Odumas paaiškina ir kai kurių kultūrų, ar tam tikrų visuomenės sluoksnių iškilimą, dominavimą (gebėjimu įvaldyti skirtingas energijos rūšis) (2001). Viename naujesnių savo darbų Odumas aptaria įvairius scenarijus, susijusius su kraštovaizdžio energijos ištekliais, su žmogaus išgaunamos energijos išteklių galimu išsekimu (2001). Ekosistemų elementus jis suskirsto pagal funkcines jų savybes, tai yra: energijos šaltiniai, gamintojai, naudotojai ir kaupėjai. Remdamasis fizikos dėsniais, mokslininkas pabrėžia, jog kiekviena sistema gali transformuoti energiją – atlikti darbą. Žemiausio rango energija pasak Odumo, tai šilumos energija, gaunama transformacijų procese kaip šalutinis produktas. Minėtasis mokslininkas mini, jog viena pagrindinių sistemų savybių – medžiagos naudojimas formuojant išorinę ir vidinę struktūrą ir atiduodant energiją. Sistemoms taip pat būdingos energijos transformacijos saviorganizacijos procese. Odumo darbuose svarbi vieta skiriama energijos hierarchinei skalei, kurios viršūnės link kylant transformacijų eigoje perduodamas mažesnis kiekis energijos, tačiau kylant pakopomis į viršų keičiasi jos rūšis ir kokybė, tokias transformacijas ir būtent energijos kokybę perteikia, kita Odumo sąvoka – energijos transformuotumo laipsnis (transformity). Iš esmės tai emergija (vienos rūšies energijos kiekis išgauti produktui ar procesui) reikalinga išgauti kitos rūšies energijos vienetui. Transformuotumas dažniausiai išreiškiamas saulės „em“kalorijomis, tai yra saulės energijos kiekiu (kuri laikoma žemiausio rango energija) panaudotu kitos rūšies energijos vienetui (cal, J) išgauti. Odumas pateikia įdomių pavyzdžių, tokių kaip saulės energijos transformacijos į organinę medžiagą, dirvožemį (4,400 emcal/cal), net informaciją ($1 \cdot 10^{11}$ emcal/cal) (Odum, 1996). Odumas, išplėsdamas emergijos rodiklį, jį pritaikė ne tik energijos, transformuotos iki tam tikro lygio, tam tikram produktui pagaminti, kiekiu. Remdamasis šia koncepcija, o tiksliau pritaikęs ją ekonominiams vertinimams, autorius nustatė emergijos kiekio piniginę išraišką. Kaip pavyzdį Odumas pateikia tautos sunaudojamą emergijos kiekį per metus, kai gaunama kasmetinė visuomenės em-galia (emergijos srautas per tam tikrą laiką). Paprasčiau kalbant, įsivaizduojamos žmonių grupės energijos kiekis, kurį ji per metus išieškoja tam tikram produktui ar paslaugai gauti, ir yra tos žmonių grupės kasmetinė energetinė galia, kurią galima išreikšti pinigine išraiška.

Aukščiau paminėtos Odumo idėjos, taip pat darbai, susiję su sistemų teorijos taikymu ekologijoje, kraštovaizdžio, ekosistemų energija, buvo publikuoti jo monografijose (1994; 1983, 2004), jo ir kartu su bendraautorais parengtuose mokslo straipsniuose (Brown, Odum, 2004; Ugliati, Odum, 1994; Odum, Odum, 2003).

Odumo aplinkos išteklių vertinimo metodais naudojosi ne vienas mokslininkas visame pasaulyje. Shu-Li Huangas – pietryčių Azijos (Kinijos) kraštovaizdžio mokslo atstovas tyrinėjo urbanizuoto kraštovaizdžio erdvinės plėtros ir formų priklausomybę nuo energijos srautų (2001). Kaip metodologinį pagrindą energijos srautų analizei Huangas naudojo emergijos ir energijos transformuotumo dydžius. Energijos transformacijų produktui ar paslaugai gauti koncepciją šis mokslininkas panaudojo tiek ekosistemų tiek ekonominių procesų energetinių srautų erdviniam pavaizdavimui ir analizei. Teritorijos energetinis zonavimas leido pavaizduoti erdvinę sistemų urbanizuotame kraštovazydyje hierarchiją (Huang, 1997, 1998a, Huang et al., 2001, 2007). Sistemų energetinis erdvinis zonavimas paremtas energijos „transformuotumo dydžiu“, kuris parodo tam tikro energijos tipo kokybinius parametrus.

Apskritai, „emergy“ koncepcija pietryčių Azijos ir ypač Kinijos kraštovaizdžio geografų, ekologų tarpe pastaraisiais metais įgavo pakankamai platų pritaikymą. Z. F. Cai su bendraautorių kolektyvu (2009), erdvinę energetinę analizę, paremtą „emergijos skaičiavimais pritaikė Pekino, Tianjinio – Tangshano urbanizuotų aglomeracijų regionams. Jų teigimu, miestų ekonominės ir ekologinės sistemos fiziškai susietos energijos ir medžiagų ryšiais, ateinančiais iš natūralių ekosistemų, taip pat gamtiniais resursais, paslaugomis, kurios apibūdinamos per ekonominę žmonių veiklą, būtent „emergijos analizė gali būti vienu iš biofizinių metodų, kuris galėtų atskleisti kompleksinius ryšius tarp ekonomikos ir jos egzistavimą remiančios gamtos(Cai, Zhang, Chen, 2009).

Kitas Kinijos mokslininkų kolektyvas „emergijos kaip objektuose ar procesuose įkaltintos saulės energijos, skaičiavimus pritaikė ekologinio projektavimo energijos, išteklių ir „gamtinės aplinkos gerinimo“, optimizavimo ekonominiiais tikslais vertinimams (Chen, Chen, Zou et al., 2009). Jų pateiktame straipsnyje pateikiami „emergijos pagrindu sudaryti energetiniai rodikliai, perteikiantys termodinamines apkrovas sistemose jų transformavimo metu, proporciją tarp atsinaujinančių energijos šaltinių ir reikiamų išteklių objekto projektavimui, kas perteikia ekonominę vykdomų procesų vertę, ryšius tarp kiekvienos ekosistemos posistemės (emergijos išeigos/ debito rodiklis, gamtinės aplinkos apkrovos rodiklis, emergijos tvarumo rodiklis). Taip pat pateikiamas ekonominės naudos indeksas. Panašių pietryčių Azijos kraštovaizdžio mokslo atstovų darbų pavyzdžių, ypač susijusių su urbanizuoto kraštovaizdžio ekosistemų analize naudojant emergijos koncepciją jų tvaraus vystymo, ekosistemų „sveikatos“ srityje galima būtų pateikti ir daugiau (Li, Zhu, hui et al., 2011; Zang, Jang, 2011; Yang, Chen, 2009; Liu, Yang, Chen et al., 2009).

Tarp mokslininkų plintant emergijos koncepcijai ir atsirandant vis daugiau jos šalininkų iš vienos pusės, kitose „barikadų“ pusėse susitelkė šio natūralių ir ekonominių – socialinių sistemų vertinimo metodo kritikai. Amerikiečio R. H. Herendeeno galbūt negalima griežtai priskirti vienai ar kitai pusei, tačiau jis savo straipsnyje pateikia emergijos ir atskirai aplinkos energijos skaičiavimų ir sistemų vertinimo plusus ir minusus. Tuo pačiu čia aptinkami ir konkretūs procesų ir produktų energijos skaičiavimo metodai. Pačiu optimaliausiu sueikvojamos energijos produktui pagaminti, sukurti kiekio nustatymo būdu, jo teigimu, yra vertikalios procesų skalės sudarymas – „vertikali analizė“, apimanti gamintojus, jų tiekėjus, pastarųjų tiekėjus ir t.t. Herendeeno pateiktame sistemos energijos srautų modelyje energija vertinama per sistemoje pratekančių srautų intensyvumą (pvz. kcal/ parą).

Už emergijos koncepcijos privalumus, prieš ekonominius ekosistemų srautų vertinimo metodus, kai procesai ir produktai vertinami piniginiiais vienetais, pasisakė J. L. Hau ir Bakshi (2004). Pabrėžiama, jog emergijos koncepcija yra objektyvus būdas nesiremiant subjektyviomis ekspertų nuomonėmis nustatyti žmogaus ir gamtos darbo vertę. Pastarasis mokslininkas kalbėjo apie emergijos pranašumus ir prieš termodinamikos dėsniais besiremiančius aplinkos analizės būdus, tokius kaip tiesioginis energijos vertinimas, „exergijos“ skaičiavimai (Hau, Bakshi, 2004). Visgi kai kurie autoriai iškelia natūralių gamtos išteklių, tokių kaip anglis, nafta, metalai, kurie iš esmės yra žmogaus sukurtos aplinkos varomoji jėga, emergijos nustatymo problemą (Ayers, 1998; Cleveland, Kaufman, Stern, 2000). Kaip apskaičiuoti energiją, kuri buvo išekvota šiems ištekliams susikaupti žemės plutoje? Emergijos koncepcija to neapima, tačiau ši problema būdinga daugeliui holistinio materialinės realybės suvokimo požiūrio analizės metodų, kur tyrimuose kol kas ne visuomet pavyksta sujungti laiko ir erdvės dimensijas (Hau, Bahshi, 2000).

Technogeninės, antropogeniškai transformuotos energijos vertinimo žmogaus gyvenamojoje erdvėje metodų, taikytinų sistemų analizei, egzistuoja ir daugiau. Kaip pavyzdį galima pateikti inžineriniuose moksluose paplitusius eksergijos skaičiavimo metodus (Balocco, Papeschi, 2004; Ertesvag, 2001), paremtus antruoju termodinamikos dėsniu ir turinčius nemažai bendrų sąlyčio taškų su H. T. Odumo emergija. Eksergija – tai maksimalus mehaninio darbo kiekis, kurį teoriškai galima išgauti iš energijos kiekio vieneto (Ertesvag, 2001).

Derėtų paminėti ir pastaraisiais dešimtmečiais kartu su „ekologiškos statybos idėjomis“ populiarėjančius įkūnytą energijos (embodied energy) vertinimus, dažnai architektų ir projektuotojų taikomus pastatų konstrukcinių medžiagų ekonominėms ir ekologinėms sąlyboms apibūdinti (Alcorn, 1998; Dixit et al., 2010a; Dixit et al., 2010b; Milne, Reardon, 2003). Šie metodai verti ypatingo dėmesio, aptariant juos ir kitus inžinerinių mokslų technogeninės energijos vertinimo metodus, tačiau šiuo atveju tą trukdo atlikti ribota darbo apimtis.

4. Technogeninė energija Lietuvos geografų darbuose

Nors Lietuvos geografai antropogeninį kraštovaizdį tyrinėjo įvairiais aspektais (Kavoliūtė, 1996, 1998, 2000, 2002; Ribokas, 2000; Ribokas, Aidukonytė, 1998; Basalykas, 1979, 1977; Kavaliauskas, 1976, 2000; Veteikis, 2000, 2002, 2003, 2005a, 2005b, 2008; Veteikis, Janauskaitė, 2009; Veteikis, Kavaliauskas, 2004; Milius, 1974, 1979; Godienė, 1999, 2000, 2001), vis dėl to kryptingi technogeninės energijos tyrimai Lietuvoje tik pradedami

P. Kavaliausko darbuose technogeninė energija tiesiogiai nenagrinėta, tačiau sutinkama technosferos samprata, bylojanti, jog tai „teritoriškai diferencijuota technogeninė žmogaus aplinka, kurios elementai, nors ir lieka gamtinės medžiagos dalimis, tačiau jų ryšių sistemoje gali egzistuoti tik žmogaus darbo dėka, o palikti savieigai jie palaipsniui suyra“ (Kavaliauskas, 1976). Savo ruožtu, žmogaus atliekamas darbas kiekybiškai išreiškiamas technogeninės energijos išlaidomis.

Plačiau technogeninės energijos klausimą yra nagrinėjęs D. Veteikis (2003, 2005a, 2005b). Sudarytoje technomasių skaičiavimo metodikoje, šalia medžiagų dirbtinumo, technogeninio atsparumo rodiklių jis išskyrė darbo kiekio (ergotekninį) rodiklį (Veteikis, 2005a). Ergotekninis rodiklis apibūdinamas kaip naudingai išekvoto darbo kiekis, žmogaus transformuotiems ar dirbtiniams objektams įrengti. Šis rodiklis neapima technogeninės energijos kiekio objektų medžiagoms pagaminti, jas atgabenti iš gamybos iki montavimo vietos. Ergotekninis rodiklis apima naudingai išekvotą darbą, tai yra potencinės ir kinetinės energijos kiekį „sulipdant“ ar transformuojant antropogeninius ir antropogenizuotus darinius. D. Veteikis (2005b) pabrėžia, jog tiksliai nustatyti energijos kiekius, kurie buvo sunaudoti kraštovaizdžiui transformuoti yra pernelyg sudėtinga, o atliekant tokius vertinimus tektų gilintis į energiją, sunaudotą projektuotojų, architektų išsilavinimui įgyti, pačiai technikai sukurti (įtraukiant ir idėjos generavimą, priešprojektinius veiksmus), projektuotojų, valdininkų energiją sudarant planus, brėžinius ir pan. energetinius procesus. Gilindamasis į technomasės kiekybinio įvertinimo problemas Veteikis antropogeninius ir antropogenizuotus elementus suskirstė pagal vyraujančios energijos pobūdį elementų gamybos, įrengimo procese. Į atskiras grupes jis išskyrė pastatus (potencinės ir kinetinės energijos sąnaudos atvežant medžiagas ir pakeliant jas į tam tikrą aukštį), kelius, plokščius dirbtinės dangos paviršius (kinetinė energija medžiagų atvežimui, kai potencinės energijos kiekiai yra minimalūs dėl objektų aukščio savybių), arimus, dirbamus laukus (mechaninė energija perklostant dirvožemį, nuimant derlių ir kinetinė jį išvežant), neigiamas technogenines reljefo formas (potencinė energija medžiagų iškėlimui ir palyginti nedideli kiekiai kinetinės tos medžiagos išvežimui), dirbtinius vandens telkinius (naudojama mechaninė energija užtvankos statybai; tvenkinių atveju energijos sąnaudos kaip ir neigiamose reljefo formose), mobilias transporto priemones (eikvojančias daugiausiai kinetinę energiją), naminius gyvulius (kinetinės energijos sąnaudos lakstant aptvare) (Veteikis, 2005b).

Bendrame straipsnyje L. Jukna kartu su D. Veteikiu (2010–2011) pateikia ir žemės dangos elementų klasifikaciją pagal jų naudojamos energijos pobūdį (Jukna, Veteikis, 2010–2011). Visgi klasifikacija paremta CORINE žemės dangos elementų išskirstymu, todėl ją reikia išplėsti ir papildyti, norint pritaikyti platesniems kraštovaizdžio energijos tyrimams.

Šio straipsnio autorius paskutiniajame savo darbe nagrinėjo antropogeninio kraštovaizdžio energetinę struktūrą, kuri susideda iš kokybiškai besiskiriančių kraštovaizdžio sistemos energetinių blokų: kraštovaizdžio elementuose įkūnytą energijos, energijos

funkcionalumo ir struktūros palaikymui, natūralių energijos šaltinių ir energijos nuostolių (Юкна, 2011). Darbe atkreipiamas dėmesys į įkūnytą energiją kaip kraštovaizdžio elementų dirbtinumą, transformacijos lygį nusakantį rodiklį.

Išvados

1. Žmogaus transformuotos energijos tyrimai priklausomai nuo mokslinio požiūrio, vystyti pakankamai skirtingomis kryptimis. Sferinis filosofinis požiūris išsiskiria energijos – žmogaus kuriamos erdvės – noosferos, technosferos „varomosios jėgos“ traktuote, pagrindinį dėmesį skiriant filosofiniams antropogeninės energijos tyrimų aspektams, turint omenyje ir materialias energijos formas, ir minčių, dvasinę energiją. Geosisteminėje koncepcijoje vyrauja ryšių tarp geotechninių sistemų ir jų blokų analizė, visgi technogeninės energijos tyrimai nepaisant pabrėžiamos jų svarbos, paliekami antraeiliam plane, į pirmą vietą iškeliant sistemų medžiaginių srautų problemas. Plačiausiai energijos problematika išvystyta ekosistemų teorijos darbuose, kur dėmesys telkiamas į gamtinių ir visuomeninių ekosistemų sąveiką perteikiančius energijos srautus bei energijos kaip žmogaus ekosistemos būklę, vystymosi ypatumus perteikiančio rodiklio tyrimus.

2. Stebima sąsaja tarp vyraujančio technogeninės energijos tyrimų požiūrio ir skirtingų šalių kraštovaizdžio geografijos mokyklų. Sferinis – filosofinis ir geosisteminiai požiūriai aiškiai išreikšti rusiškosios kraštovaizdžio geografų mokyklos darbuose, tuo tarpu vakarietiškoji, ekologinį atspalvį įgavusi kraštovaizdžio geografija seka ekosisteminių tyrimų kryptimi, kuri pastaraisiais dešimtmečiais aiškiai dominuoja ir rytų, pietryčių Azijos valstybių, ypatingai kinų, kraštovaizdžio moksle. Lietuvos technogeninės energijos tyrimai yra tarsi vidurio taškas tarp Rusijos, iš kur paveldėtos technosferos, antropogeninio kraštovaizdžio sampratos, vėliau formuotos, vystytos ir lietuvių, ir vakarų, kur technogeninė energija traktuojama kaip kiekybinis rodiklis nusakantis kraštovaizdžio technogeniškumo, kaitos laipsnį.

3. Nepriklausomai nuo mokslinio požiūrio, pabrėžiama, jog žmogaus transformuojama, įvaldoma energija yra būtent ta integracinė geografinių tyrimų ašis, kuri gali apimti tiek gamtinių, tiek visuomeninių ir ekonominių procesų kaitos, raidos bei tarpusavio sąveikos sferas, savo ruožtu energijos tam tikram produktui ar procesui išgauti rodiklis gali būti panaudojamas tvaraus teritorijos vystymo, planavimo gairių nustatymui, įvertinant galimas technogeninės veiklos apkrovas kraštovaizdyje. Tuo tarpu visuomeniniai, ekonominiai sistemų srautai išreikšti energetinėje išraiškoje galėtų tarnauti kaip visuomenės išsivystymo lygio rodikliai.

Literatūros sąrašas:

- Alcorn, A.** 1998. Embodied energy in New Zeland Materials. *www.converge.org*.
- Ayers, R. U.** 1998. Ecology vs Economy: Confusing production and Consumption. Center of the Management of environmental resources, INSEAD, Fontainebleu, France.
- Balocco, C., Papeschi, S., Grazzini, G., Basosi, R.** 2004. Using exergy to analyse the sustainability of an urban area. *Ecological Economics* 48, p. 231–244.
- Basalykas, A.** 1977. Lietuvos TSR kraštovaizdis. Vilnius.
- Basalykas, A.** 1979. Krašto kultūrinį rūbą apsprendžiantys veiskniai ir kraštotvarkos uždaviniai. *Geografijos metraštis* 17, p. 5–12.
- Brown, M. T., Odum, H. T., Johansen S. E.** 2004. Energy hierarchy and transformity in the universe. *Ecological modelling* 178, p. 17–28.
- Cai, Z. F., Zhang, L. X., Zhang, B., Chen, Z. M.** 2009. Emergy-based analysis of Beijing-Tianjin-Tangshan region in China. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat.* 14, p. 4319–4331.
- Chen, B., Chen, Z. M., Zhou, Y., Zhou, J. B., Chen, G. Q.** 2009. Emergy as embodied energy based assessment for local sustainability of a constructed wetland in Beijing. *Communication on non linear science and numerical simulation* 12 (2), p. 622–635.

- Cleveland, C. J., Kaufman, R. K., Stern, D. I.** 2000. Agregation and the role of energy in economy. *Ecological Economics* 32, p. 301–317.
- de Chardin, T.** 1964. The future of man. New York.
- de Chardin, T.** 1965. The Phenomenon of Man. New York.
- Dixit, M. K., Fernandes-Soliz, J. L., Lavi, S., Culp, C. H.** 2010a. Identification of paramteters for embodied energy measurement: a literature review. *Energy and builidings* 42, p. 1238–1247.
- Dixit, M. K., Fernandes-Soliz, J. L., Lavi, S., Culp, C. H.** 2010b. Protocol for embodied energy measurement parameters. Texas A and M University.
- Egler, F. E.** 1970. The Way of Science: a Philosophy of Ecology for the Layman. Hafner, New York.
- Ellenberg, H.** 1973. ökosystemforschung. Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Ertesvag, I. S.** 2001. Society exergy analysis: a comparison of different societies. *Energy* 26, p. 253–270.
- Godienė, G.** 1999. Techninės urbanizacijos vertinimo problema. *Geografija* 35(2), p. 14–17.
- Godienė, G.** 2000. Joniškio miesto funkcinio vystymosi ir jo teritorijos technogenizacijos sąsaja. *Geografija* 36 (1), p. 21–26.
- Godienė, G.** 2001. Užstatymo intensyvumo kaitos dėsningumai urbanizuotame kraštovaizdyje (Lietuvos miestų pavyzdžiu). Daktaro disertacija. Vilniaus universitetas.
- Hau, J. L., Bakshi, B. R.** 2004 Promise and problems of emergy analysis. *Ecological modeling* 178, p. 215–225.
- Herendeen, R. A.** 2004. Energy analysis and Emergy analysis- a comparison. *Ecological modelling* 178, p. 227–237.
- Huang, H. S., Odum, H. T.** 1991. Ecology and economy: *Emergy synthesis and public policy in Taiwan*. *Journal of environmetal management* 32, Issue 4, p. 313–333.
- Huang, S-L.** 1997. Spatial hierarchy of urban energetic system: A case study Of the Taipei basin. A report of the nacional science council ROC. Graduate institute of urban planing, National Chung- Hising university. Taipei, Taiwan.
- Huang, S-L.** 1998a. Ecological energetics, hierarchy and urban form: a system modeling approach to the evolution of urban zonation. *Environmental planning: planning design* 25, p. 391–410.
- Huang, S-L.** 1998b. Urban ecosystems, energetic hierarchies anr ecological ecological economics of Taipei Metropolis. *Journal of environmental management* 52, p. 39–51.
- Huang, S-L., Kao, W-C., Lee, C-L.** 2007. Energetic mechanisms and development of an urban landscape system. *Ecological modelling* 201, p. 495–506.
- Huang, S-L., Lai, H-Y., Lee, C- L.** 2001. Energy hierarchy and urban landscape system. *Landscape and urban planing* 53, p. 145–161.
- Jukna, L., Veteikis, D.** 2010–2011. Žemės dangos dirbtinumo/ natūralumo įvertinimas agrariniam kraštovaizdyje *Annales Geographicae* 43–44.
- Kavaliauskas, P.** 1976. Kai kurie diskutuotini kraštovaizdžio sampratos klausimai. *Lietuvos TSR Aukštųjų Mokyklų Mokslo Darbai, Geografija ir Geologija* 12, p. 83–91.
- Kavaliauskas, P.** 2000. Kraštovaizdžio mistifikacijos problema ir kraštotvarka. *Geografija* 36 (2), p. 84–89.
- Kavoliūtė, F** 2000 Lietuvos kultūrinio kraštovaizdžio ištakos. *Geografijos metraštis* 33, p. 20–28.
- Kavoliūtė, F.** 1996. Lietuvos kaimų kaita. XXa. *Geografijos metraštis* 29, p. 289–298.
- Kavoliūtė, F.** 1998. Aukštaičių aukštumos agrarinio kraštovaizdžio transformacijos retrospektyvinė analizė/ Vilniaus universitetas.
- Kavoliūtė, F.** 2002. Socialiniai ir gamtiniai veiksniai Nemuno žemupio lygumos kraštovaizdžio formavime. *Geografija* 38 (1), p. 34–40.
- Koestler, A.** 1969. Beyondatomism and holism - the concept of the holon., Beyond Reductionism: New Perspectives in the life sciences. Koestler, A., Smithies, J. R., Hutchinson of London, p. 192–216.
- Le Roy E.** 1927. L'exigence idealiste et le fait d'evoliution. Paris.
- Li, D., Zhu, J.; Hui, E. C. M.; Leung B. Y. P., Li, Q.** 2011. An emergy analysis based methodology for eco- efficiency evaluation of building manufacturing. *Ecological indicators* 11, issue 5, p. 1419–1425.

- Linton, D. L.** 1965. The geography of energy. *Geography*, 50, p. 197–228.
- Liu, G.Y., Yang, Z. F., Chen, B., Zhang, Y., Zhang, L. X., Zao, Y. W., Jiang, M. M.** 2009. Emergy based urban ecosystem health assessment: a case study of Baotou, China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 14 issue 3, p. 972–981.
- Milius, J.** 1974. Lietuvos žemėveikšlių ypatybės gamtinių landšaftų tipuose. *Lietuvos TSR aukštųjų mokyklų darbai, Geografija ir geologija* 11.
- Milius, J.** 1979. Lietuvos kraštovaizdžio pasikeitimai pokario socialinių ūkinių pertvarkymų įtakoje. *Geografijos metraštis* 17.
- Milne, G., Reardon, C.** 2003. Embodied energy. *www.unique.ch*
- Naveh, Z.** 1980. Landscape ecology as a scientific and educational tool for teaching the total human ecosystem. In: T. S. Nakshi and Z. Naveh (eds.), *Environmental education: principles, Methods and Applications*. Plenum Press, New York, London, p. 149–143.
- Naveh, Z.** 1995. Interactions of landscapes and cultures. *Landscape and Urban Planning* 32, p. 43–54.
- Naveh, Z.** 1998. Ecological and cultural landscape restoration and the cultural evolution towards a post-industrial Symbiosis between human society and nature. *Restoration Ecology* 6 (2), p. 135–143.
- Naveh, Z., Lieberman, A. S.** 1996. Landscape ecology: theory and application. New York: Springer-Verlag, p. 356.
- Odum, H. T.** 1994. Ecological and general systems – an introduction to systems ecology. University press of Colorado.
- Odum, H. T.** 1996. Environmental accounting – emergy and environmental decision making. New York.
- Odum, H. T.** 2007. Environment, Power and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Emergy. Columbia University Press. Niwot, CO.
- Odum, H. T., Odum, E. C.** 2001. A Prosperous way down: Principles and Policies. Colorado.
- Odum, H. T., Odum, E. C.** 1976. Energy basis for man and nature. New York: McGraw-Hill.
- Odum, H.T.** 1983. Systems Ecology. New York: John Wiley.
- Odum, H.T., Odum, B.** 2003. Concepts and methods of ecological engineering. *Ecological engineering* 6, issue 5, p. 339–361.
- Ribokas, G.** 2000. Lietuvos miestų teritorijų žemėveikšlių struktūra ir jos kaita. Daktaro disertacijos santrauka: fiziniai mokslai (06P). Vilnius: Geografijos institutas. 27 p.
- Ribokas, G., Aidukonytė, R.** 1998. Lietuvos miestų žemėvaizdžiai ir jų kaita. *Geografijos metraštis* 31, p. 408–423.
- Sauer, C. O.** 1925. The morphology of landscape. *Univ. of California publ. in geography* 3, p. 19–54.
- Simmons, I. G.** 1978. Physical geography in environmental science. *Geography* 63, p. 314–323.
- Su, M. R., Yang, Z.F., Chen, B., Ulgiaty, S.** 2009. Urban ecosystems health assessment based on emergy and set pair analysis – A comparative study of typical Chinese cities. *Ecological modelling* 220 issue 18, p. 2341–2348.
- Thomas, W. J.** 1956. Man's role in changing the face of the Earth. Press of university of Chicago.
- Tofler, A.** 1980 The third wave. London: Wiliam Collins sons.
- Ulgiati, S., Odum, H. T., Bastianoni, S.** 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy. *Ecological modeling* 73, issue 3–4, p. 215–268.
- Veteikis, D.** 2000a. Technomorfologinis Lietuvos teritorijos tipizavimas. *Geografija* 36 (1), p. 16–21.
- Veteikis, D.** 2000b. Kraštovaizdžio antropogenizacijos tyrimo pūviai. *Geografija* 36(2), p. 37–41.
- Veteikis, D.** 2002. Kraštovaizdžio antropogenizacijos mokyklos. *Geografija* 38 (2), p. 18–29.
- Veteikis, D.** 2003. Technogeninė kraštovaizdžio morfostruktūra (Lietuvos teritorijos pavyzdžiu). Daktaro diseracija. Vilniaus universitetas
- Veteikis, D.** 2003. Technopotų skyrimo metodikos problema. *Geografija* 39(2), p. 24-30
- Veteikis, D.** 2005a. Technogeninių masių kraštovaizdyje kiekybinio vertinimo rodikliai. *Geografijos metraštis* 38(1), p. 97–108.

- Veteikis, D.** 2005b. Kraštovaizdžio technogeninės masės sampratos ir kiekybinio įvertinimo problema. *Geografijos metraštis* 38 (1), p. 90–96.
- Veteikis, D.** 2008. Polinė lastelinė kultūrinio kraštovaizdžio struktūra. Teoriniai aspektai. *Annales Geographicae* 40 (2), p. 3–13.
- Veteikis, D., Jankauskaitė, M.** 2009. Teritorial regionalization of landscape technosphere in Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17 (1), p. 60–67.
- Veteikis, D., Kavaliauskas, P.** 2004. Theoretical and applied aspects of landscape technogenic morphology. *Geografija* 40 (2), p. 11–16.
- White, R.** 1994. Urban environmental management. Wiley, New York.
- Zhang, Y., Jang, Z., Liu, G., Yu, X.,** 2011. Emergy analysis of the urban metabolism of Beijing. *Ecological modelling* 222 issue 12, p. 2377–2384.
- Анненков, В. В.** 1989. Ноосферогенез: содержание, периодизация, противоречия. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 2, с. 33–40.
- Баладин, Р. К.** 1982. Область деятельности человека. Техносфера. Минск.
- Берг, Л. С.** 1931. Ландшафтно-географические зоны СССР. Т1. Москва.
- Бонадарев, Л. Г.** 1997. Техногенез и техносфера. *Вестник Московского университета, серия 5, географическая* 2, с. 26–30.
- Буровский, А.М.** 2010) Антропоэкология. Москва: Вузовская книга.
- Веденин, Ю. А.** 1990. Проблемы формирования культурного ландшафта и его изучение. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 1, с. 5–17.
- Вернадский, В.И.** 2004. Биосфера и ноосфера. Москва: Аирис пресс.
- Гиренок, Ф.Ф.** 1987. Экология Цивилизация Ноосфера. Москва: Наука.
- Глазовский, Н. Ф.** 1988. Структура ноосферы и задачи географии. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 1, с. 38–48.
- Григорьев, А. А.** 1966. Теоретические проблемы современной физической географии. Закономерности строения и развития географической среды. Москва: Мысль. 116 с.
- Грогорьев, А. А.** 1970. Типы географической среды. Москва: Мысль. 550 с.
- Гумилев, Л. Н.** 2001. Этногенез и биосфера земли. СПб: Кристал
- Демек, Я.** 1977. Теория систем и изучение ландшафта. Москва: Прогресс.
- Докучаев, В. В.** 1899. К учению о зонах природы: Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. Санкт Петербург.
- Исаченко, А. Г.** 1974б. Ландшафт как предмет человеческого воздействия. *Известия всесоюзного географического общества* 5, с. 361–370.
- Исаченко, А. Г.** 1974а. О так называемых антропогенных ландшафтах. *Известия всесоюзного географического общества* 1, с. 70–77.
- Исаченко, А. Г.** 1987. Географические аспекты взаимодействия природы и общества и перспективы интеграции в географии. *Известия всесоюзного географического общества* 1, с. 3–13.
- Исаченко, А. Г.** 1998. Хозяйственное освоение территории России и антропогенная трансформация ландшафтов. *Известия Российского географического общества* 6, с. 10–19.
- Куракова, Л. И., Романова, Э. П.** 1989. Цовременные ландшафты: содержание, классификация, тенденции разжития. *Вестник Московского университета, серия 5, географическая* 2, с. 30–37.
- Марш, Г.** 1866. Человек и природа, или о влиянии человека на изменения физико-географических условий природы. Санкт Петербург: издание Н Полякова.
- Миллер, Д. Н.** 1971. Концепция энерго- и массообмена в природной среде как метод анализа явлений, обуславливаемых деятельностью человека. *Известия академии наук СССР, серия географическая.* 2, p. 118–133.
- Моисеев, Н.** 1990. Человек и ноосфера. Москва: Молодая гвардия.
- Нееф, Э.** 1969. Обмен веществ между обществом и природой как географическая проблема. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 1, с. 125–135.
- Николаев, В. А.** 1987. Концепция агроландшафта. *Вестник Московского университета, серия 5, географическая.*

- Преображенский, В. С., Мухина, Л. И.** 1984. Современные ландшафты как природно антропогенные системы. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 1, с. 19–27.
- Ретеюм, А. Ю., Дяконов, К. Н., Куницын, Л. Ф.** 1972. Взаимодействие техники с природой и геотехнические системы. *Известия академии наук СССР, серия географическая* 4, с. 46–55.
- Розанов, Л.Л.** 1989. Геотехноморфогенез- интегративный геосферный процес. *Известия всесоюзного географического общества* 121 (6), с. 494–499.
- Розанов, Л.Л.** 2001. Технолитоморфная трансформация окружающей среды. Москва: Издательство НЦ ЭНАС.
- Юкна, Л.** 2011. Методологические аспекты оценки воплощенной энергии техногенных элементов ландшафта. Теоретичні, регіональні, прикладні, напрями розвитку антропогенної географії та геології. Матеріали третьої міжнародної наукової конференції. Кривий Ріг, с. 62–70
- Одум, Э.** 1975 Основы экологии. М., 812 с.

Laurynas Jukna

Vilnius University, Faculty of Natural Sciences

E mail: laurynas.jukna@gmail.com

INVESTIGATIONS OF TECHNOGENIC ENERGY IN SCIENTIFIC WORKS OF LANDSCAPE GEOGRAPHY

Summary

Emergence and adaptation of new approaches to understand material reality that surrounds us, mastering new methods of analysis in landscape science leads us to themes of anthropogenic influence on nature, natural landscapes, ecosystems, man's constructed environment features, it's quality and condition, sustainable existence with nature and many other. Here an important role belongs to man's transformed energy research. Some different directions can be distinguished in landscape science, based on which technogenic energy research was developing. This is related to spherical and systemic perception of environment. Ecosystemical and geosystemical conceptions developed from systemic approach.

Spheric-philosophic approach is widely outspread in Russian scientists' researches where human modified and artificially formed environment is perceived as a space- noosphere, technosphere which development depends on human energy, mind power and mastered energy sources modified by man. Landscape according to geosystemic approach in a field of technogenic energy is understood as a sum of systems that are in close interrelationships, their existence is based on internal and intersystemic- external flows of energy and information. Though, technogenic energy research in geosystemic conception hasn't acquired a broad scale of application remained at a level of theoretical consideration. Ecosystemic research of technogenic energy includes energy spatial dispersion analysis, energy flows between natural and man's social- economic ecosystems. Technogenic energy is significant rate in human ecosystem research which conveys the use of natural environmental resources, anthropogenic loads on environment and even society development level.

Lithuanian landscape geography in a range of technogenic energy has a strong foundation in landscape technomass calculation, where the main rate is amount of useful work done to install objects in landscape or transform landscape structure. Also, work is progressing in a field of quantitative landscape technogenisation level assessment, here embodied energy is a main rate of evaluation in landscape elements.