

INFORMACIJOS IR ENTROPIJOS SĄVOKŲ RYŠIO KLAUSIMU

G. LECHEMAS

Kibernetika kaip mokslo disciplina atsirado ir pradėjo vystytis tik antrojoje mūsų amžiaus pusėje. Tačiau ji jau dabar plačiai taikoma elektroniniuose skaičiavimo ir valdymo įrengimuose, kurie naudojami gamyboje, planavime, konstravime, statyboje, transporte ir mokslinio tyrimo darbuose.

Ši nauja mokslo šaka didelę reikšmę turi kitų mokslo disciplinų vystymuisi. Kartu kibernetika iškėlė naujas problemas ir filosofijai.

1962 metais Maskvoje įvykusioje konferencijoje, skirtoje filosofiniams kibernetikos klausimams, taip pat eilėje pasitarimų buvo pareikštos įvairios pažiūros į kibernetiką.

Nesileisdamas į jų analizę, pateiksiu čia akad. A. Kolmogorovo duotą kibernetikos apibrėžimą. Kibernetika — tai mokslas apie informacijos suvokimą, saugojimą, perdirbimą ir naudojimą mašinos ir gyvuosiuose organizmuose. Iš esmės šis apibrėžimas nesiskiria nuo N. Vinerio duoto kibernetikos apibrėžimo (kibernetika — mokslas apie valdymą ir kontrolę mašinos ir gyvuosiuose organizmuose), nes svarbiausias bet kurios kibernetikos tyrinėjamos sistemos bruožas yra jos sugebėjimas suvokti ir išlaikyti informaciją, o po to ją signalais per ryšio kanalus perduoti sistemos veiklai reguliuoti.

Iš to aišku, kokią didžiulę reikšmę turi mokslas apie informaciją.

Nenuostabu, kad toje pačioje konferencijoje buvo nemaža kalbama apie pagrindines informacijos savybes ir jos vaidmenį. Pavyzdžiui, I. Novikas padarė pranešimą „Apie informacijos prigimtį ir kibernetinio modeliavimo ypatybes“, A. Leontjevas — „Apie kai kurias informacijos perdirbimo ypatybes“. Kurčikovas savo pasisakyme teigė, kad informacijos sąvoka yra susijusi su kitomis sąvokomis, kurios tiesiogiai siejasi su filosofija¹.

Tačiau nė viename pasisakyme nebuvo konkrečiai ar bent netiesiogiai nurodyta, kad informacija yra viena iš pagrindinių materijos savybių, būtent: materijos organizuotumo laipsnio matas, nors filosofinei pagrindinių kibernetikos sąvokų, jų tarpe ir informacijos, analizei buvo skirta daug dėmesio.

Pagrindinis šio straipsnio uždavinys — atskleisti organinį ryšį tarp informacijos ir entropijos, nors daugelis tyrinėtojų neigia jų organinį ryšį. Ta aplinkybė, kad informacijos kiekį ir termodinaminių procesų negentropijos (neigiamos entropijos) kiekį išreiškia ta pati formulė

¹ «Вопросы философии», 1962, № 11, стр. 146—152.

$H = -\sum_i p_i \ln p_i$), vertė minėtus tyrinėtojus pripažinti tik formalų informacijos ir entropijos ryšį².

Tuo tarpu negrįžtamieji procesai, vykstantieji visiškai izoliuotoje sistemoje, yra susiję su entropijos augimu, ir jos maksimumas rodo maksimalų sistemos neorganizuotumą.

Jau vien iš to matyti, kad ryšys tarp informacijos — materialios sistemos organizuotumo mato — ir entropijos — jos neorganizuotumo mato — jokiū būdu negali būti formalus.

Įrodžius negentropinį informacijos principą, nesunku bus išaiškinti filosofinį informacijos aspektą.

N. Vineris, nagrinėdamas informacijos prigimties klausimą, teigė, kad informacija savo prigimtimi nėra nei materija, nei energija³. Tačiau tai nereiškia, kad informacija nesusijusi su materija, kaip kad šį Vinerio teiginį nori interpretuoti šiuolaikiniai idealizmo atstovai.

Pasitarimuose ir atskirose monografijose buvo mėginta išaiškinti informacijos kaip filosofinės kategorijos prigimtį ir esmę. Sie tyrimai, kaip mums atrodo, nebuvo sėkmingi dėl tos priežasties, kad nebuvo pakankamai pilnai atsižvelgta į du pagrindinius informacijos aspektus: į informacijos kiekio sąvoką ir į jos vertės sąvoką.

Maždaug prieš 40 metų, kai informacijos teoriją buvo tik pradėta kurti, ji buvo taikoma išimtinai ryšio technikai. Svarbiausias jos uždavinys buvo nustatyti būtinas sąlygas, kuriomis pranešimų perdavimas ryšio kanalais būtų optimalus. Savaime aišku, kad informacijos kiekį galėjo apibūdinti signalų skaičius, perduotas per laiko vienetą, neatsižvelgiant į perduoto pranešimo turinį. Tai buvo pirmas informacijos teorijos taikymo etapas, kuris turėjo įtakos pačios teorijos vystymuisi.

Mūsų laikais informacijos teorija tapo svarbiausiu kibernetikos mokslo pagrindu. Todėl išsiplėtė jos turinys, pasikeitė informacijos kiekio sąvoka. Kol informacijos teorija buvo tik matematinė, informacijos kiekį pilnai apibūdindavo signalų perdavimo greitis. Bet informacijos teorijai pasidarė fizikine teorija, informacijos kiekis tapo statistiniu dydžiu su dvilypiu aspektu: kiekybiniu ir kokybiniu.

Jeigu pirmajame informacijos vystymosi etape informacijos teorija iš esmės neturėjo ryšio su filosofijos mokslu, tai dabar informacijos sąvoka tapo ir filosofine kategorija, o pati informacijos teorija tuo pačiu virto ir filosofijos tiriamu objektu.

Ta nauja situacija toli gražu dar nėra pilnai suvokta, ir reikės atlikti dar daug tyrimų, kad nauja pažiūra į informaciją kaip į fizikos ir filosofijos kategoriją plačiai prigytų.

Informacijos sąvoka yra tokia pat plati, kaip energijos sąvoka. Informacija — tai įvairios žinios apie išorinį pasaulį, betarpiškai suvokiamos mūsų jutimo organais arba gaunamos su matavimo prietaisų pagalba. Informacija — tai žinios apie įvykius visuomeniniame gyvenime. Informacija — tai įvairios žinios, įgytos mokymosi metu, taip pat žinios, gautos santykiaujant su kitais žmonėmis.

Visą informaciją, gautą iš įvairių šaltinių, žmogaus nervų sistema suvokia, sukaupia, sistematizuoja ir perdirba. Po to žmogus ją panaudoja, santykiaudamas su išoriniu pasauliu.

Kibernetika išaiškino, kad informacijos perdirbimo procesas gyvuose organizmuose turi daug bendrų bruožų su informacijos perdirbimu skaičiavimo mašinose. Štai kodėl daug dėmesio skiriama informacijos problemoms, jų kiekybinių dėsningumų nustatymui.

² Зг. «Вопросы философии», 1965, № 1, стр. 135.

³ Н. Винер, Кибнетика, М., 1958, стр. 166.

Pirmiausia susiduriame su klausimu, ką reiškia informacijos kiekis. Informacijos kiekio įvertinimas remiasi tikimybių teorijos dėsniais. Iš tikrųjų, pranešimas apie įvykį (arba sistemos būvį) turi vertę ir duoda tikrą informaciją, kai atsitiktinio įvykio išdava yra tam tikru laipsniu netikėta. Atvirkščiai, informacija apie iš anksto žinomą faktą neturi jokios vertės. Kuo daugiau įvairių atsitiktinių išdavų gali turėti tam tikras įvykis, tuo didesnę reikšmę turės pranešimas apie įvykio rezultatą ir tuo didesnį kiekį turi gauti informacija. Tai reiškia, kad informacijos kiekis, esantis pranešime apie tam tikro įvykio išdavą, priklauso nuo išdavos tikimybės.

Kuo pasireiškia šita priklausomybė?

Dar 1929 metais L. Šilardas paskelbė savo darbą „Apie entropijos sumažėjimą termodinaminėje sistemoje dėl maštančios būtybės įtakos“. Jame autorius padarė išvadą, kad sistemos entropiją galima sumažinti išorinės energijos sąskaita. Ši sistema nepriklausanti energija išiekvuojama informacijai gauti. Vadinasi, tuo Šilardas pabrėžė, kad egzistuoja ryšys tarp entropijos ir informacijos⁴.

Norėdami išsiaiškinti minėto ryšio pobūdį, turime atsižvelgti į tą aplinkybę, kad informacija ir entropija kaip fizikinės sąvokos ir fizikiniai dydžiai remiasi tikimybių teorijos dėsniais.

Kaip žinoma, fizikinę antrojo termodinamikos principo prasmę paaiškino Liudvigas Bolcmanas. Tą faktą, jog uždaroje sistemoje entropija gali tik didėti, Bolcmanas aiškino tuo, kad sistema stengiasi pasiekti labiausiai tikėtiną būseną. Vadinasi, tarp sistemos entropijos S ir sistemos būsenos tikimybės W egzistuoja ryšys, kuris išreiškiamas šitaip:

$$S = k \ln W + S_0 \quad (S_0 \text{ — integravimo konstanta}).$$

Jeigu S_0 laikysime entropijos atskaitos pradžia, tai $S = k \ln W$, kur k — Bolcmano konstanta. Čia W — termodinaminė tikimybė, t. y. skaičius būdų, kuriais realizuojasi sistemos būseną.

Antroji formulė įgalina statistiškai formuluoti entropiją ir statistiškai aiškinti antrąjį termodinamikos principą.

Iš tikrųjų, pirmasis termodinamikos principas neatsako į klausimą, kokia yra gamtinių procesų kryptis. Jį papildo taip pat bendro pobūdžio dėsnis, kad įvairūs procesai gamtoje siekia perkelti sistemas iš mažiau tikėtinų būsenų į labiau tikėtiną. Bet antrasis termodinamikos principas yra ne absoliutinis, o tik statistinis dėsnis. Tai reiškia, kad jis galioja ten, kur yra dideli materijos dalelių skaičiai, kuriems galima taikyti statistikos dėsnius.

Taigi, remdamasis tikimybės teorijos dėsniais, Bolcmanas 1877 metais nustatė ryšį tarp entropijos ir būsenos tikimybės ne atskiroms molekulėms, bet molekulių sistemoms, t. y. proporcingumą tarp S ir W , kurį A. Einšteinas pavadino Bolcmano principu. Jis po įvairių kritinių atsiliepimų susilaukė pilno pripažinimo.

Dabar pamėginkime išsiaiškinti, koks yra informacijos ryšys su sistemos būsenos arba tam tikro įvykio tikimybe. Savaime aišku, kad apie bet kokį įvykį (arba sistemos būseną) gautos informacijos kiekį apibūdina jo neapibrėžtumo laipsnis, o neapibrėžtumą rodo to įvykio tikimybė, būtent: kuo mažesnė įvykio tikimybė, tuo labiau jis yra netikėtas, ir informacija apie įvykio rezultatą yra didesnė. Vadinasi, kuo daugiau įvairių atsitiktinių išdavų gali turėti tam tikras įvykis, kuo didesnis neapibrėžtumas yra susijęs su tuo įvykiu, tuo didesnę informaciją suteikia pranešimas apie jo rezultatą.

⁴ „Zeitschrift für Physik“, 53 (840), 1929.

Vadinasi, informacijos apie įvykį kiekis H turi būti atvirkščiai proporcingas jo tikimybei p . Šį teiginį galima išreikšti formule $H = \text{cln} \frac{1}{p}$ arba $H = -\text{cln} p$. Čia c yra teigiama konstanta, kurios vertė priklauso nuo matavimo vieneto parinkimo, matuojant dydį H .

Iš formulės $H = -\text{cln} p$, atlikus tam tikrą transformaciją, lengva gauti K. Šenono formulę $H = -\sum_i p_i \text{cln} p_i$, kurioje p_i yra įvykio išdavos tikimybė, o H — įvykio, turinčio įvairias išdavas, informacijos kiekis. K. Šenonas H dydį laikė įvykio neapibrėžtumo laipsnio matu⁵.

Iš tikrųjų, kuo daugiau neapibrėžta įvykio išdava, tuo didesnę informaciją galima gauti, išaiškinus tą išdavą.

Kitaip sakant, informacijos kiekis yra tuo didesnis, kuo didesnį neapibrėžtumą informacija pašalina. Kaip tik ši aplinkybė įgalina H dydį pavadinti informacijos kiekio matu.

Krinta į akis entropijos ir informacijos formulių panašumas. Tai pavirtinta gilią analogiją tarp entropijos ir informacijos. Šita analogija pasireiškia ne tik minėtų formulių panašumu, bet ir jų esme. Iš tikrųjų, entropija bet kuriame procese auga tol, kol ji tampa maksimalia, kas atitinka uždaros sistemos pusiausvyros būseną. Bet pusiausvyros būseną — tai didžiausias neorganizuotumas, maksimali netvarka sistemoje. Kaip pavyzdžius galima nurodyti savaimeingą temperatūrų išsilyginimą sistemoje, įelektrintų kūnų, sudarančių uždarą sistemą, potencialų išsilyginimą bei chemiškai nereaguojančių dujų susimaišymą ir t. t.

Vadinasi, sistemos entropijos didėjimas reiškia jos neorganizuotumo, jos netvarkos augimą. Todėl entropiją galima laikyti sistemos neorganizuotumo, netvarkos laipsnio matu.

Tai reiškia, kad didesnė būsenos tikimybė apibūdina didesnę netvarką sistemoje. Tuo galima paaiškinti tą faktą, kad visos energijos rūšys — mechaninė, elektromagnetinė, cheminė — galų gale pereina į šilumą, į netvarkingo molekulių judėjimo energiją.

Informacija, atvirkščiai, rodo sistemų organizuotumą; informacija apie sistemos būseną yra jos organizuotumo laipsnio matas. Taigi, kuo tvarkingesnė sistema, tuo didesnę informaciją galima gauti apie jos būseną.

Organizuotumo, tvarkos augimas sistemoje reiškia informacijos sukaupimą joje ir jos entropijos sumažėjimą.

Todėl pagrįstai daroma išvada, kad tarp entropijos ir informacijos yra organiškas ryšys (ne formalus, o esminis). Kaip matome, informacija, kaip ir entropija, yra statistinis dydis.

Uždaros sistemos entropijos augimo dėsnis išplaukia iš antrojo termodinamikos principo. Ar egzistuoja informacijos augimui adekvatus principas? Toks principas egzistuoja ir vadinasi negentropiniu principu. Tai matėme iš to, kad informacijos apie sistemą gavimas yra susijęs su negentropijos (N) sunaudojimu. Ir, atvirkščiai, bet kurios informacijos sukaupimas sistemoje yra susijęs su sistemos negentropijos augimu. Vadinasi, informacija ir negentropija yra tapatingos sąvokos: kuo organizuotesnė sistema, tuo didesnės yra jos negentropija ir vidinė informacija, tuo daugiau žinių galima gauti apie sistemą, ją tyrinėjant.

Savaime aišku, kad informacija nėra negentropija, nes negentropijos kiekis apibūdina tik organizuotumo laipsnį, tuo tarpu kai informacijos kiekis apibūdina ne tik organizuotumo laipsnį, bet taip pat ir jos vertę. Informacija gali būti didesnės ir mažesnės vertės, ko negalima teigti apie negentropiją.

⁵ «Вопросы философии», 1962, № 6, стр. 122.

Išaiškinus negentropinį informacijos principą, galima pamėginti atskleisti informacijos kaip filosofinės kategorijos esmę.

Iš daugelio tyrinėtojų čia paliesiu I. Noviko ir B. Ukrainecevo pasisakymus šiuo klausimu. Minėtieji autoriai, kaip ir daugelis kitų tyrinėtojų, stačiai pareiškia, kad: 1) filosofinė informacijos teorijos problemų analizė mažai teišvystyta ir 2) pažinti informacijos prigimtį galima, remiantis leninine atspindėjimo teorija⁶.

Kaip žinoma, savo veikale „Materializmas ir empiriokriticizmas“ V. Leninas rašė, kad „visa materija turi savybę, iš esmės giminingą pojūčiui, atspindėjimo savybę“⁷.

Apie pojūčius V. Leninas rašė tame pačiame veikale: „...Pojūtis tikrai yra netarpiškas sąmonės ryšys su išoriniu pasauliu, yra išorinio dirginimo energijos pavirtimas sąmonės faktu“⁸.

Taigi Lenino pasisakymus galima taip suprasti, kad ši materijos atspindėjimo savybė sudaro tą grandį, kuria materija yra susijusi su sąmone.

Remdamasis šiais Lenino teiginiais, Novikas jau minėtoje monografijoje rašo, kad F. Engelsas traktavo energiją kaip judėjimo matą ir kad galima informacijos kiekį laikyti atspindėjimo matu⁹. Be to, Novikas teigia, kad informacija reiškiasi sutvarkytas atspindėjimas¹⁰.

Noviko nuomone, egzistuoja sutvarkytas ir chaotiškas atspindėjimas. Pirmasis esąs susijęs su informacija, antrasis — su ūžesiu¹¹. Iš to jis daro tokią išvadą: „Jeigu negentropija išreiškia materialios substancijos susitvarkymą arba organizuotumą, tai informacijos kiekis apibūdina atspindėjimo atributo susitvarkymo matą“¹².

Analizuojant Noviko pasisakymus, kuriuose jis mėgina atskleisti informacijos kategoriją, darosi aišku, kad juose daug painiavos.

Kalbėdamas apie informaciją, Novikas turi galvoje tik žinių pranešimus, t. y. jis žiūri į informaciją tik kaip į ryšio technikos objektą. Apie tai kalba ir ta aplinkybė, kad jis informaciją priešpastato ūžesiu. Tiesa, kartais ir ūžesys galės perduoti tam tikras žinias (t. y. būti sutvarkytas atspindėjimas), pavyzdžiui, apie mašinos motoro veikimą ir to veikimo pobūdį.

Bet ar mes turėsime reikalą su tokia informacija, ar su ūžesiu,— abi Noviko analizuojamos sąvokos, atrodo, nieko bendra neturi su atspindėjimu, kuris yra būdingas visai materijai.

Noviko pateiktam informacijos apibrėžimui trūksta svarbiausio, negentropinio informacijos elemento. Todėl ir neteisingas yra jo mėginimas nustatyti analogiją tarp negentropijos ir informacijos, nes jis visai išleidžia iš akių, kad kokybiniu požiūriu informacija yra susijusi su materijos organizuotumu, o kiekybiniu požiūriu ji išreiškia tikimybės ir organizuotumo laipsnio matą.

B. Ukrainecevas rašo, kad informacija remiasi atspindėjimu, neegzistuoja be jo ir turi tą patį turinį, kaip ir atspindėjimas, tuo tarpu kai

⁶ Зг. И. Новик, Кибернетика (философские и социологические проблемы), М., 1963, стр. 36, 58; Б. С. Украинцев, Информация и отражение.— «Вопросы философии», 1963, № 2, стр. 26.

⁷ V. I. Leninas, Raštai, t. 14, p. 79.

⁸ Ten pat, p. 39.

⁹ И. Новик, Кибернетика, стр. 60.

¹⁰ Ten pat.

¹¹ Ten pat.

¹² Ten pat, p. 61.

atspindėjimas nepriklauso nuo informacijos¹³. Iš tolesnių jo pasisakymų galima suprasti, kad aplinkos sąlygų poveikis valdomosios sistemos atspindėjimo elementui moduliuoja materialinį procesą, o ši moduliacija ir yra atspindėjimo pavertimas informacija¹⁴.

Vadinasi, pasak Ukrainecevo, informacija — tai atspindėjimo moduliacija, kuri ir perduodama ryšio kanalais.

Ir šiame informacijos apibrėžime vargu ar rasime pagrindinius informacijos bruožus, būtent: materijos organizuotumo elementą ir apie materialinę sistemą bei tam tikrą įvykį gautos informacijos vertę.

Tiek Novikas, tiek Ukrainecevas neatsižvelgia į tai, kad, tyrinėjant materialų pasaulį, tenka imti visas materijos savybes, kad materija, be masės ir energijos, turi turėti tam tikrą organizuotumo laipsnį, susijusį su jos judėjimo laipsniu, kurį apibūdina negentropijos sąvoka.

V. Tiuchtinąs, nagrinėdamas informacijos sąvoką, taip pat vadovaujasi V. Lenino atspindėjimo teorija. Tačiau jis informaciją traktuoja visai kitaip, negu Novikas ir Ukrainecevas. Savo straipsnyje „Atspindėjimas ir informacija“¹⁵ jis rašo, kad atspindėjimą galima traktuoti kaip sąveiką tarp atspindėjimo šaltinio ir atspindėjimo nešėjo, kad jų sąveikos metu vyksta įvairūs materijos ir energijos perdavimo ir pavertimo viena į kitą procesai. Tačiau atspindėjimui (tiksliau būtų pasakius, — informacijai. — G. L.) šie procesai yra būdingi kaip organizuotumo, susitvarkymo, struktūros nešėjai ir priemonės šioms savybėms perduoti nuo atspindėjimo šaltinio atspindėjimo nešėjui. Kadangi, rašo toliau Tiuchtinąs, šios savybės vaidina pirmąjį vaidmenį, tyrinėjant atspindėjimo esmę, o materialiniai-energetiniai ryšiai tarp sąveikaujančių objektų vaidina antrąjį vaidmenį, tai turi egzistuoti tam tikros specifinės materialinių sistemų reakcijos, kurioms organizuotumas, struktūra, susitvarkymas tampa funkcija (geriau — būtų pavadinti informacija. — G. L.), išlaisvinta nuo jų materialaus nešėjo.

Pažymėtina, kad šiuose Tiuchtinąs samprotavimuose išreikšti du teiginiai: 1) N. Vinerio teiginys, kad informacija nėra nei materija, nei energija, ir 2) kad informacija apie materialines sistemas ir jų sąveiką pirmiausia išreiškia organizuotumo, susitvarkymo masto ir struktūros charakteristiką.

Su Tiuchtinąs išvadomis galima sutikti, nes informacija iš tikrųjų išreiškia organizuotumą, susitvarkymą, struktūrą, kai kalbama apie materialines sistemas bei įvykius ir juose vykstančius procesus.

Tiek Novikas, tiek Ukrainecevas bei daugelis kitų tyrinėtojų dažnai sutapatina informaciją su atspindėjimu. Tačiau atspindėjimas neturi nei kiekio, nei vertės aspekto, tuo tarpu kai informacija gali būti didesnė ar mažesnė ir turėti didesnę ar mažesnę vertę.

Iš to, kas išdėstyta, išplaukia išvada: informacija yra materijos organizuotumo laipsnio matas, panašiai kaip energija — jos judėjimo matas ir masė — jos inertiškumo matas.

Vilniaus Valstybinis
Pedagoginis institutas
Teorinės fizikos katedra

Įteikta
1967 m. balandžio mėn.

¹³ Б. С. Украинцев, Информация и отражение.— «Вопросы философии», 1963, № 2, стр. 31.

¹⁴ Ten pat.

¹⁵ «Вопросы философии», 1967, № 3, стр. 41—52.

К ВОПРОСУ О СВЯЗИ МЕЖДУ ЭНТРОПИЕЙ И ИНФОРМАЦИЕЙ

Г. ЛЕХЕМАС

Резюме

Информация — это совокупность знаний о внешнем мире, о событиях в общественной жизни и о переживаниях отдельной личности. Тем самым подчеркивается научное, практическое и философское значение теории информации.

Информация о состоянии макроскопической системы и ее энтропия тесно связаны с теорией вероятности.

Путем несложных преобразований формулы Л. Больцмана можно показать, что состояние статистического равновесия макроскопической системы является наиболее вероятным и что ему соответствует максимальная энтропия. Отсюда вывод, что энтропия есть мера неорганизованности системы.

Чем более организована система, тем большую информацию можно получить о ней. Следовательно, количество информации о состоянии системы является мерою ее организованности.

Из равенства, выражающего связь между количеством информации и вероятностью состояния системы, после некоторых преобразований получается формула К. Шеннона.

При сопоставлении формул Больцмана и Шеннона выясняется не только их сходство по форме, но и связь по существу между энтропией и информацией, а именно: так же как энтропия в изолированной системе стремится самопроизвольно увеличиваться, информация стремится уменьшаться; так же как энтропия есть мера беспорядка, информация есть мера порядка. Следовательно, информация и негэнтропия, т. е. отрицательная энтропия, изменяются в том же направлении. Информация и негэнтропия — тождественные понятия.

Основная задача настоящей статьи заключается в попытке показать, чем же является информация с философской точки зрения. Из изложенного можно сделать вывод, что информация выражает одно из основных свойств материи, подобно энергии и массе, характеризующее степень ее организованности и упорядоченности.