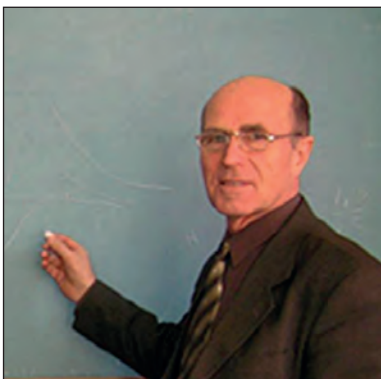


ХРОНОЛОГІЯ НАУКИ, АБО АНАЛІЗ РОЗВИТКУ НАУКОВИХ ВІДКРИТТІВ У ЧАСІ

Наведено графічний та функціональний аналіз наукових відкриттів, систематизованих людством у хронологічному порядку та викладених у соціальних мережах.

Встановлено: експонентно зростаюча кількість відкриттів на двох часових відрізках та в різних часових межах має приблизно однаковий показник степені; генерація відкриттів відбувається з прискоренням, величина якого криється в умовах стану поліса.



Борис Сердега
доктор фіз.-мат. наук,
професор,
засновник і завідувач
лабораторії фізики і техніки
модуляційної поляриметрії
Інституту
фізики напівпровідників
ім. В.Є. Лашкарьова
НАН України,
м. Київ

ВСТУП

Текстовий матеріал під назвою «Хронологія відкриттів* людства», що появився в Інтернеті [1], привертає до себе увагу не лише грандіозністю інтелектуального надбання людства протягом тисячоліть, а також і тим, що він має хронологічне упорядкування. Мова йде про російськомовний варіант на тій підставі, що він є суттєво чисельнішим порівняно з декількома англійськими. Побіжний погляд на хронологію, що нараховує понад триста найменувань відкриттів, наводить на думку про невідповідність значимості деяких відкриттів та відсутність підстав для їх зарахування у скарбницю фундаментальних знань людства. Наприклад, принцип «бритви Оккама» (не слід залучати нові сутності без крайньої на те необхідності), автор – **Вільгельм Оккам** (1285–1347), філософ-схоласт XIV ст., у порівнянні з транзістором (1947, автори – **Уільям Шоклі, Уолтер Браттейн, Джон Бардін**). Перший є одним із методів філософського пізнання та інтерпретації сутностей світу, а другий навіть не удостоївся бути визнаним за відкриття. Втім він увійшов у окрему хронологію винаходів та став однією з фундаментальних засад того інформаційного вибуху, що спостерігається протягом останнього двадцятиріччя, зокрема у вигляді того ж самого Інтернету.

Проте, незважаючи на відсутність чи неможливість чіткого визначення належності наукових досягнень людства до переліку відкриттів, є достатні підстави для упорядкування наявного матеріалу у вигляді часової та географічної їх локалізації. Як не дивно, але цей підхід до виявлення закономірностей у розвитку науки понині залишався поза увагою аналітиків від науки. У всякому випадку автору невідома реакція наукової спільноти на цю інформацію у вигляді певного узагальнення наукового багатства та аналізу його розвитку.

Ради об'єктивності варто відзначити, що питання історії розвитку науки розглядалось у численних виданнях [2–6] як в аспекті характеристизації розвитку науки з позицій періодизації [2, 3] (на думку автора, безпідставної), так і в напрямку прогресу, але з точки зору теорії кризи [4]. Доцільність такого погляду на науку не тільки сумнівна, а й хибна, бо криза науки на відміну від кризи теорії є нонсенс, тобто апріорі неможливою. Ще один підхід у характеристизації науки використовується в [5, 6], але не з точки зору динаміки її розвитку, а як постфактум у фрагментарній ролі науки в соціології, філософії та взагалі в історії суспільства [7]. У роботі [8] можливо вперше використано словосполучення «хронологія науки», однак не з підходу «логії», а у художньому зображенні її досягнень. Це зауваження стосується також праці [9], де хроніка фізичної науки названа хронологією та безпідставно робиться висновок про коливальний характер її розвитку.

*Наукове відкриття – встановлення невідомих раніше, але об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, які вносять докорінні зміни у рівень наукового пізнання.

МЕТОД АНАЛІЗУ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТУ

Приступаючи до аналізу хронології відкриттів, слід зазначити ту нетривіальну її особливість, що вона розпочинається з відкриття письменності. І це логічно, бо наука про загальну історію людства чи окремого його суспільного компоненту як історія наукових відкриттів базується на тому беззаперечному принципі, що об'єктивним свідченням про той чи інший її суб'єкт може бути тільки письмово зафіксований факт. Обережність у словосполученні «*може бути*» зумовлена наявністю однозначної чи безальтернативної інтерпретації того чи іншого факту. Цей підхід започаткував **Фукідід** (460 – біля 400 до н. е.) – відомий давньогрецький історик, засновник історичної науки, автор «Історії Пелопоннеської війни». Він вперше надавав великого значення документам, деякі з них повністю вніс у свою книгу.

Закономірно, що історія світової цивілізації чи окремого її сектора починається з винайдення письменності. Із низки цих секторів (наука, винахідництво, релігія, мистецтво тощо) найбільш впливовішою на розвиток цивілізації безсумнівно є *наука пізнання природи*. Підставою для такої точки зору є той факт, що протягом мільйонів років існування людства історія науки у прямому сенсі цього слова розроблялася в основному лиш останні п'ять століть. Свідченням цього факту є перелік відкриттів, здійснених та сформульованих людством [1]. Із наведеного переліку стає зрозумілим, що процес створення письменності в часи обмежених комунікацій розтягнувся в часі (тисячоліття) та просторі (Шумер, Єгипет, Месопотамія). Більше того, навіть при нинішніх наявних засобах зв'язку та передачі інформації зустрічаються випадки одночасного та в різних просторових локалізаціях виникнення нового факту (у тому числі за участі автора в одному із них). Тому історія, та не тільки науки, обмежується шістьма тисячоліттями, із яких перше (від 4000 до 3000 до н.е.) припадає на формування письменності в різних варіантах, але у згаданому переліку має вигляд одиниці як відкриття.

У подальшому йтиметься про складену хронологію відкриттів людства у вигляді упорядкованого послідовного переліку. Переходячи до інтерпретації хронології у вигляді залежності кількості відкриттів протягом часу їх накопичення (інтегральна функція $N = F(t)$, рис. 1, N – крива), згадаємо про причинно-наслідковий зв'язок між фактом, що відбувся, та обставинами, що передували його

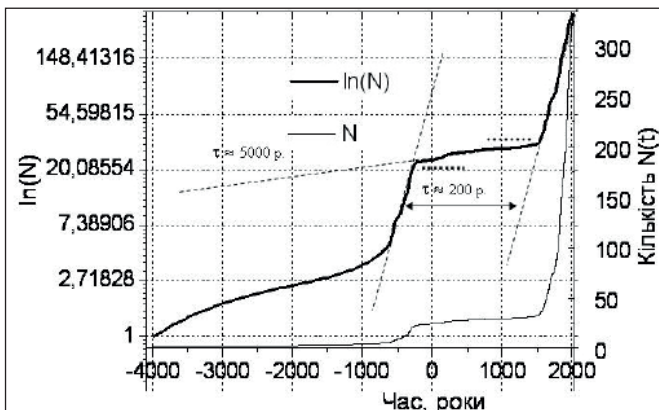


Рис. 1. Інтегральна характеристика кількості N відкриттів (зростаюча сума) в лінійному масштабі (права шкала) та в напівлогарифмічному масштабі (ліва шкала)

появі. За Фукідідом це означає: однакові причини і умови викликають однакові наслідки.

Звертаючи увагу на спільні особливості у вигляді двох сходинок на N -кривій, є підстави для захоплення від висновку Фукідіда, істинність якого не має обмеження на розмірність чи масштабність сутностей. Перша сходинка збігається з періодом в історії Греції, що охоплює V–IV століття до нашої ери. Це доба найвищого розквіту полісного ладу (*Піфагор, Аристотель, Архімед*, демократична форма правління тощо). Друга сходинка на цій же характеристиці безумовно пов'язана з роками часів реформації, передумовою якій послужили гуманізм та прогресивне інтелектуальне середовище в Європі.

Ці зв'язки як висновок з основного закону діалектики особливо яскраво проявляються у напівлогарифмічних координатах функції часу $N = F(t)$, а саме $\ln(N) = F(t/\tau)$, де t/τ – показник степені експоненти, що за її властивостями має бути безрозмірною величиною. Такий формат широко використовується зокрема в експериментальній фізиці для ідентифікації експонентних функцій, що в координатах рис. 1 (\ln – крива) приймають вигляд прямої. Крім того, такому представленню функцій властива ще й аналітична роль. Вона полягає, по-перше, у можливості визначення із величини нахилу лінійної частини чисельного значення показника експоненти, фізичний зміст якого є величина прискорення амплітудного зростання функції. А по-друге, відхилення від прямої свідчить про наявність складової та обставин, що спричиняють інший показник степені t/τ .

Дійсно, ця крива ілюструє дві лінійні ділянки, що характеризуються приблизно однаковими нахилами. Величина цього нахилу в межах зростання експоненти на один порядок $e \approx 2,72$ (основа натурального логарифму) визначає характеристичний час $\tau \approx 200$ років, протягом яких кількість відкриттів збільшилася в e раз. Суттєво, що хоча лінійні ділянки охоплюють різні за епохами та кількістю відкриттів (5–20 в першому та 30–300 у другому випадку), але вони з однаковою закономірністю відображають функцію їх зростання. На цій підставі напрошується попередній висновок про те, що нові відкриття генеруються на підставі відомих у такій кількості, що збільшується з певним коефіцієнтом (показником степені) відносно наявних (математичне визначення експонентної функції).

Рис. 1 контрастно висвітлює практичний застій у кількості відкриттів, що займає проміжок часу в роках від 300 до 1500 рр. та відповідає нахилу залежності $\ln(N) = F(t/\tau)$ із коефіцієнтом $\tau \approx 5000$ років. Причини цього можуть бути темою окремого дослідження, хоча роки занепаду Римської імперії (*мітка під кривою*) та «золотий вік ісламу» – середина VIII до середини XIII ст. (*мітка над кривою*) – припадають саме на цей проміжок часу.

Більш змістовною та інформативною за кількістю відкриттів є та частина хронології, що на рис. 1 в координатах $\ln N(t)$ відображається лінійною залежністю в межах часу від 1500 р. до нинішніх днів. На рис. 2 вона представлена як частина інтегральної характеристики рис. 1 у лінійних координатах та у більш розгорнутому масштабі. Ця крива відображає однозначно започатковане реформацією зростання відкриттів на протязі більше півтисячоліття. Згідно з виявленою тенденцією у тому, що генерація відкриттів відбувається на підставі попередніх досягнень науки (властивість експоненти), інтегральна характеристика рис. 2 мала би мати форму експонентної залежності.

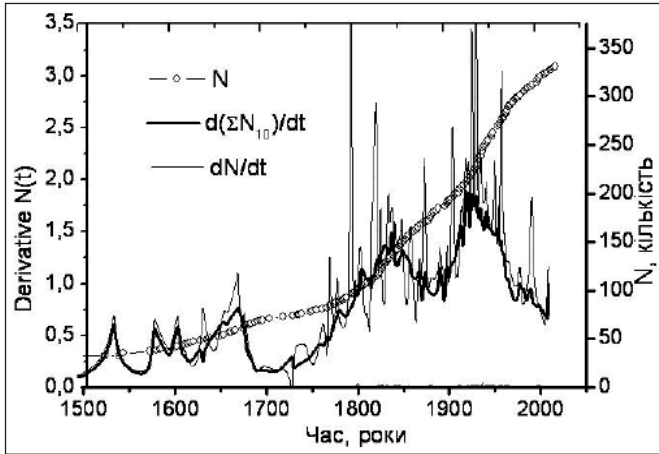


Рис. 2. Інтегральна характеристика кількості відкриттів (зростаюча сума N) в лінійному масштабі (кільця, права шкала) та дві її похідні: тонка – в істинному вигляді, товста – в усередненому в межах десятиліття (обидві – ліва шкала)

Ще виразніше про відхилення сумарної функції від монотонного вигляду свідчить її похідна, наведена на рис. 2 у двох варіантах (товста та тонка криві). Кожна із них відображає немонотонно зростаючу тенденцію у збільшенні кількості відкриттів. Але товста крива на відміну від флуктуаційної чорної конкретизує контрастні відхилення графіка від експонентної залежності. Оскільки вони набувають у часі системного характеру, то згідно з принципами аналізу містять причину (або причини) цього відхилення.

Похідна на рис. 2 демонструє три глибокі та інерційні у часі немонотонні частини, що спричинені масштабними обставинами. Якщо підходити до виявлення причин їх походження, то треба мати на увазі, що причинно-наслідковий зв'язок між спадом кривої та її зростанням відбувається із запізненням відносно появи або зникнення природних чи соціальних обставин, що їх спричинили. Так, університети, що з'являються вперше у XIII та масово розповсюдилися у XIV столітті майже у всіх великих країнах та містах (Гейдельберг, Базель, Прага, Краків, Відень, Лейпциг та ін.), є саме тією соціальною причиною, наслідком якої суспільство збагатилось інтелектуалами у кількісному та якісному вираженнях.

Щодо реформації (1517–1680), то її наслідком є прогрес у культурі загалом та у науці зокрема у вигляді довготривалої хвилі. Книгодрукування, що зародилось та розповсюдилось у цей період, стимулювало, як аналог сучасної інформатизації, прискорення розвитку науки та розповсюдження знань. Парадоксально, що ця тенденція мала місце також під час 30-літньої війни 1618–1648 рр. Бо ця війна, на думку дослідників, відкинула розвиток Європи на сотню років назад. Показовою ілюстрацією цього факту є провал похідної протягом 1670–1740 років як запізнена реакція наслідку на всяку причину. Ще один провал у похідній 1840–1900 р. асоціюється з капіталізацією суспільства, а провал від 1920 р. до нашого часу, можливо, пов'язаний з Першою світовою війною як запізнілою реакцією на неї, а також без сумніву і з Другою світовою війною. Суттєво, що усереднена характеристика похідної (рис. 2 товста крива) має невпорядковані та флуктуаційні екстремуми. Однак їх спільною ознакою є прагнення досягати інтегральної кривої збільшенням амплітуди. У цьому факті яскраво ілюструються найменші відхилення інтегральної характеристики від експонентної форми, бо, як

крайній випадок у їх відсутності похідна експоненти, як відомо, теж була б експонентою. Тому моделювання інтегральної характеристики експонентою з параметрами, що забезпечує найкраще їх збігання (рис. 3), узгоджується із цією тезою. Проте суспільним обставинам не властиво слідувати за абстрактними обмеженнями, та все ж відхилення реальної характеристики від моделі може бути джерелом інформації про процеси, що їх спричиняють. Варто згадати, що 2,5 тисяч років тому уже була сформульована закономірність у зв'язку (як завжди причинно-наслідкового) сутностей із людською природою.

Різниця в амплітудах між модельною кривою рис. 3 та реальною характеристикою інтегральної суми є фактично амплітудною причиною похідної. Більш предметно цей зв'язок ілюструється графіком похідної від інтегральної функції, що декількома відхиленнями від модельної кривої свідчить про «фактор Фукідіда». Однак модельна крива у порівнянні з похідною є оптимістичною, тобто є носієм оптимізму, оскільки з використанням методу екстраполяції [10,11] дає підстави для відновлення тенденції розвитку науки, властивій минулим століттям. Реальна характеристика рис. 3 (Європа + Америка) про цей факт свідчить потріпаним поверненням до тенденції, що зображена модельною залежністю. До речі, площа, яка заповнювала би провали в похідній, є тими відкриттями, що за певних причин не відбулися та очікують своїх авторів.

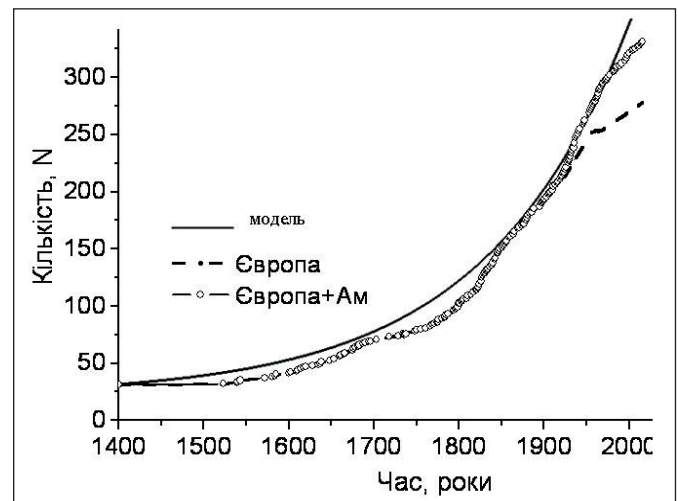


Рис. 3. Інтегральна характеристика кількості відкриттів у лінійному масштабі (прозорі точки) у порівнянні з модельною з параметрами $N \sim 1/\exp(-t/\tau) + 30$; $\tau = 170$ р.

Залишається без відповіді головне питання, що слідує із хронології, а саме: яка суть абсолютної величини характеристичного часу експоненти, що протягом двох суттєво розділених часових відрізків відтворилася з приблизно однаковою величиною $\tau \approx 200$ років. Той факт, що у модельній кривій рис. 3 використано дещо іншу величину ($\tau \approx 170$ років.) має бути зумовлений тим, що в паралельних експонентних процесах з різними характеристичними параметрами ефективним є геометрично усереднений.

Оскільки творцем відкриттів та їх носієм є поліс, то відповідь на поставлене запитання слід шукати у тому його стані (ступінь консолідації, рівень благополуччя та освіти, кліматичні умови тощо), який сприяє прогресу творчості. Проте ці критерії навряд чи можна використати як порівняльні аргументи внаслідок невластивого їм кількісного вираження. А от такий фактор, як кількість населення,

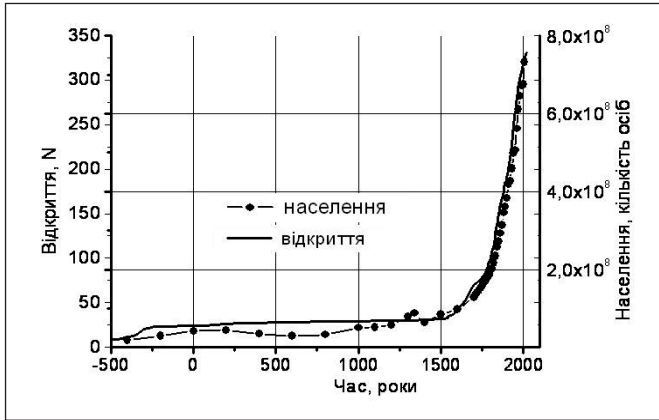


Рис. 4. Чисельність європейського населення (права шкала) у порівнянні з кількістю відкриттів

якому, до речі, властива тенденція збільшення [12], може мати вплив на показник експоненти, що відтворює хронологію відкриттів. Дійсно, рис. 4, на якому зображено обидві функції у лінійному масштабі, демонструє у першому наближенні їх кореляційний зв'язок. Однак прискіпливий погляд на них відзначає неоднозначність такого зв'язку, особливо протягом років першого тисячоліття н.е. Також і протягом останніх двохсот років, як свідчить рис. 5, тенденція зростання населення переважає зростання кількості відкриттів. Це видно із того факту, що на зростання ординати в $\sim 2,72$ рази (один розряд функцій) припадає менший час у характеристиці населення. Іншими словами, зростання населення відбувається із більшою швидкістю, ніж це має місце у збільшенні відкриттів ($1/\tau_{\text{нас}} > 1/\tau_{\text{відкр}}$). Безсумнівно, що цей висновок мав би яскраву ілюстрацію у порівнянні похідних, однак із-за наявних відмінностей між двома кривими в цьому немає необхідності. Особливо це проявляється у порівнянні з характеристикою, у якій не враховані відкриття, винайдені поза межами Європи (США – штрихова лінія рис. 3). До речі, із понад п'ятдесяти відкриттів походженням із американського континенту добра половина припадає на явища, пов'язані з ядерною фізикою. Цей факт цілком відповідає наведеному визначенню терміну відкриття тим, що вони вносять докорінні зміни у рівень наукового пізнання. У той же час вони асоціюються з марнотратною тенденцією суспільства у розробленні та накопиченні зброї, яка [тенденція] у певній мірі відволікає матеріальні та людські ресурси від пошуку відкриттів гуманного призначення. Втім полісу властиво надавати яким завгодно відкриттям властивості подвійного призначення. Тому на закінчення рукопису (але не на закінчення вияснення доцільності необмеженого збільшення відкриттів) доречно згадати «бритву Оккама».

Література

1. Хронология открытий человечества: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Очерки истории и теории развития науки. М. 1969.
3. Карпов М. М. Наука и развитие общества. М. 1961.
4. Владимир Стус. Краткая теория кризиса. БЛОГИ LIGA.NET. <https://blog.liga.net/user/vstus/article/8634>.
5. Кохановский В.П., Лешкевич Т.Г., Матяш Т.П., Фатхи Т.Б. Основы философии науки. Ростов-на Дону. Феникс, 2008. 603 с.
6. Семенов Н. Н. Наука и общество, М. 1973.
7. Бернал Дж. Д. Наука в истории общества. Переклад з англ. М. 1956.

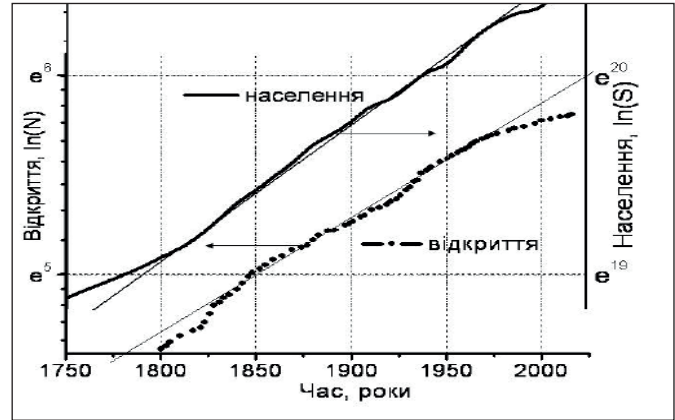


Рис. 5. Визначення із величини нахилу експонент у координатах $\ln(S, N) = f(t)$ характеристичного часу збільшення європейського населення (суцільна, права шкала) та відкриттів (ліва шкала) відповідно: $\tau_{\text{нас}} = 150$ р., $\tau_{\text{відкр}} = 175$ р.

ВИСНОВКИ

Вислів Фукідида, зроблений за 400 р. до н.е. з приблизно такої самої нагоди, що викладена вище, варто процитувати дослівно: «Цю працю вважатимуть корисною ті, хто побажає мати ясне і правильне уявлення про минуле, з огляду на те, що за властивостями людської природи і в майбутньому коли-небудь може статися щось подібне». Ці слова можна віднести до флуктуаційного характеру похідної рис. 2, що може свідчити про нестабільний попит на результати фундаментальних досліджень. Можливою причиною цього може бути насичення суспільства фундаментальними результатами, про яке йшла мова в неодноразових наукових дискусіях і реалізація яких у прикладних застосуваннях завжди є у фазі запізнення. В такому випадку теза про те, що нові відкриття створюються на підґрунті відомих (експонентне зростання), має поправку на суспільні обставини – епізодичні відхилення від модельної ілюстрації. Пошук та ідентифікація соціальних причин, що перешкоджають науковим відкриттям, знаходиться за межами рукопису, але є не менш актуальною задачею, ніж їх виявлення.

Один із наслідків цієї тези прозвучав свого часу в Києві у проповіді доктора богослов'я святишого архієпископа **Петра Мальчука** з нагоди 1025-річчя хрещення Київської Русі. Це була констатація того факту, що джерело відкриттів, накопичення наукового надбання та становлення сучасної світової цивілізації у вирішальній більшості здійснювалося у християнському світі Європи. Ця інформація спонукала автора на проведення аналізу, результати якого виявилися практичним підтвердженням озвученого факту, що є підставою для автора присвятити цей рукопис добрій пам'яті архієпископа Петра. ■

8. Asimov's Chronology of Science & Discovery: Updated and Illustrated Revised Edition Harper Collins; Revised edition (November 16, 1994).
9. Храмов Ю.О. Периодизация в истории фундаментальных наук. Наука та наукознавство. 2018, № 3, с. 92–104.
10. Свириденко В.М. Принцип познаваемости мира в научном мышлении. К.: Наук. думка, 1988. 272 с.
11. Драпогуз В. П. Экстраполяция как эвристический метод научного познания и предвидения. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота, 2013. № 3 (29): в 2-х ч. Ч. II. С. 89-94.
12. Економічна і соціальна географія країн світу. Навчальний посібник. За ред. Кузика С. П. Світ, 2002. 672 с.