

УДК 619:614.31:637

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.36>

ВІКОВІ ЗМІНИ В ТКАНИНАХ ТВАРИН ЗАЛЕЖНО ВІД ВМІСТУ ФОСФОРНИХ СПОЛУК В ОРГАНІЗМІ

Приліпко Т.М. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Коваль Т.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Наведені результати досліджень з вивчення вікових змін в тканинах тварин залежно вмісту фосфорних сполук в організмі. Встановлено, що вміст фосфорних сполук в крові кроликів з віком знижується. Достовірність різниці показників у молодих тварин у віці 1–15 діб і дорослих 180–720-добових за ФПК $p < 0,02$, аденіндинуклеотидів – $p < 0,01$ і за НФ $p < 0,01$. В перші дні постнатального розвитку вміст ФПК в крові кроликів порівняно високий, потім в особин у віці 60 діб він значно знижується і до 180-добового віку складає 0,40 мг%; практично на цьому рівні він залишається у дорослих кроликів. Між рівнем аденіндинуклеотидів і ФПК в крові кроликів виявлена пряма залежність. По мірі старіння організму вміст аденіндинуклеотидів знижувався приблизно в такому ж ступені. Аналогічною була динаміка НФ. З віком вміст даного компоненту знижувався. В віком в м'язах кроликів спостерігається наростання КрФ і аденіннуклеотидів. Найбільш високий рівень компонентів, що визначаються, виявляється в особин у віці 180 діб, тобто в період їх повного фізіологічного розвитку, при пониженні вмісту аденіннуклеотидів і ФПК в крові. Найбільш низький вміст макроергів виявлявся в м'язах тварин в одностатевому віці. Рівень НФ до 180-добового віку був порівняно високим і піддавався лише незначним коливанням. У двохлітніх кроликів вміст НФ в м'язах був нижче, ніж у 4-6-місячних. Вміст аденіннуклеотидів в печінці кроликів з віком поступово наростає. Найбільш високим він був у тварин у віці, який відповідав періоду відкриття очей (15 діб) і статевого дозрівання (180 діб). Встановлено, що в крові курей досліджуваних порід з чотирьох місячного віку поступово падає. Падіння рівня НФ можна пов'язати яйцекладкою. З початком яйцекладки вміст Са в крові курей значно зростає, досягаючи максимальних величин до їх 12-місячного віку, а до півторарічного зменшується наполовину. В цей віковий період в них, звичайно, проходить линання. Так як і в кроликів, в м'язах курей з віком підвищується вміст КрФ і АТФ + АДФ, стрибкоподібне наростання рівня фосфорних сполук у курей віком 180 діб зв'язано. Вікова динаміка фосфорних сполук може бути використана зоотехнією та ветеринарією для отримання максимальної продуктивності тварин і збереження їх здоров'я.

Ключові слова: аденіннуклеотиди, кури, фосфорні сполуки, вік, м'язи, тварини.

Prylipko T.M., Koval T.V., Age changes in animal tissues depending on the content of phosphorus compounds in the organism

The results of research on the study of age-related changes in animal tissues depending on the content of phosphorus compounds in the body are presented. It was established that the content of phosphorus compounds in the blood of rabbits decreases with age. The reliability of the difference in indicators in young animals aged 1–15 days and adults 180–720 days old for FPK $p < 0.02$, adenine dinucleotides – $p < 0.01$ and for NF $p < 0.01$. In the first days of postnatal development, the content of FPK in the blood of rabbits is relatively high, then in individuals at the age of 60 days it significantly decreases and by the age of 180 days it is 0.40 mg%; it remains practically at this level in adult rabbits. A direct relationship was found between the level of adenine dinucleotides and FPK in the blood of rabbits. As the body aged, the content of adenine dinucleotides decreased to approximately the same extent. The dynamics of the NF was similar. With age, the content of this component decreased. With age, an increase in KrF and adenine nucleotides is observed in the muscles of rabbits. The highest level of the determined components is found in individuals at the age of 180 days, that is, in the period of their full

physiological development, with a decrease in the content of adenine nucleotides and FPK in the blood. The lowest content of macroergs was found in the muscles of animals at the age of one day. The level of NF before their 180-day age was relatively high and subject to only minor fluctuations. In two-year-old rabbits, the NF content in muscles was lower than in 4–6-month-old rabbits. The content of adenine nucleotides in the liver of rabbits gradually increased with age. It was highest in animals at the age corresponding to the period of eye opening (15 days) and puberty (180 days). It was established that in the blood of chickens of the studied breeds, it gradually decreases from the age of four months. A drop in NF levels can be associated with ovulation. With the beginning of egg-laying, the content of Ca in the blood of hens increases significantly, reaching maximum values before their 12-month age, and decreases by half by the age of one and a half years. During this age period, they naturally molt. As in rabbits, the content of KrF and ATP + ADP in the muscles of chickens increases with age. The jump-like increase in the level of phosphorus compounds in chickens aged 180 days is connected. The age dynamics of phosphorus compounds can be used by zootechnics and veterinary medicine to obtain the maximum productivity of animals and preserve their health.

Key words: adenine nucleotides, chickens, phosphorus compounds, age, muscles, animals

Постановка проблеми. Безпосереднім джерелом енергії для всіх процесів життєдіяльності організму тварин є енергія пірофосфатних зв'язків аденозинтрифосфатної кислоти (АТФ). Ця енергія вивільняється при відщепленні фосфатних груп від АТФ і може бути використана для процесів синтезу складних органічних сполук, для м'язового скорочення, для активного перенесення йонів проти градієнту концентрації, для секреторних процесів, для проведення нервового збудження, для вироблення електричної енергії. Більша частина енергії АТФ, яка синтезується в клітинах, утилізується при синтезі макромолекул вуглеводів, білків, жирів. Всі ці молекули в процесі життєдіяльності клітин безперервно руйнуються і одночасно знову синтезуються. Всі біосинтетичні процеси в клітинах нерозривно пов'язані з використанням енергії, при цьому проходить відновлення простих молекул, з яких синтезуються більш складні. Реакції відновлення потребують участі коферментів, причому для реакцій синтезу основним донором водню є нукотинамідаденіндинуклеотидфосфат (НАДФ) [8, с.146].

Тимчасовим депо для фосфатних груп АТФ є креатинфосфат (КрФ). В м'язах міститься незначна кількість АТФ, яка може забезпечити постачання м'язу енергією лише на короткий термін. Однак м'язах є резервні речовини, які містять фосфатидні групи, що можуть сполучатися з аденозиндифосфатною кислотою (АДФ), утворюючи АТФ. Такою резервною речовиною є КрФ, який під впливом ферменту креатинфосфокінази розщеплюється на креатин (Кр) і фосфат, а останній приєднується до АДФ, утворюючи АТФ, причому енергія розщеплення КрФ передається АТФ. Розщеплення КрФ стимулюється АДФ, яка утворюється при розщепленні АТФ. Ресинтез КрФ здійснюється за рахунок енергії, яка вивільняється при анаеробному розщепленні глікогену до молочної кислоти. Окиснення молочної кислоти супроводжується вивільненням енергії, яка необхідна для ресинтезу глікогену [1, с. 158, 8, с. 147].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відкриття системи нуклеозидфосфатів (НФ) показало, що ці системи також приймають участь у вивільненні енергії поряд з АТФ. Регуляція обміну фосфорних сполук полягає у встановленні і збереженні на певному рівні балансу між надходженням і вивільненням енергії в організмі. Не дивлячись на коливання і варіації процесів надходження і використання енергії, обидва ці процеси у більшості випадків досить точно узгоджені в організмі вищих тварин, як про це свідчить збереження постійної ваги і температури тіла тварин, хоч надходження в організм енергії корму проходить через певні проміжки часу, а використовується енергія безперервно. Регулюючи біоенергетику

механізми мають рецепторну систему, яка сприймає сигнали про стан біоенергетики організму і посиляє сигнали за типом «зворотного зв'язку» до відповідних центральних механізмів. Також важливу роль в регуляції біоенергетики відіграють гормони [9, с. 208].

Фосфорні сполуки є компонентами реакцій гліколізу та глікогенолізу, тому за їх рівнем опосередковано можна робити висновок про те, в якому напрямку змінюється характер вуглеводного обміну упродовж онтогенезу, що допоможе зрозуміти та оцінити характер змін, пов'язаних з різною функцією тканин, а також виникаючих в організмі в результаті штучного втручання, що призводить до зміни обміну цих компонентів. Без вивчення вікових змін фосфорних сполук не можна зрозуміти їх динаміку, зумовлену різною годівлею тварин, вагітністю, лактацією тощо [1, с. 158].

На даний час є немало відомостей з цього питання. За повідомленням [8, с. 152] вміст АТФ + АДФ і КрФ в м'язах з віком значно зростає. Є дані, що рівень АТФ наростає в тканинах шурів до місячного їх віку [4, с. 33].

За даними [2, с. 126] в скелетних м'язах новонароджених поросят вміст КрФ порівняно низький. В подальшому, з кожним днем він зростає і досягає найбільш високого рівня до чотирнадцятого дня.

Підвищення рівня макроергів в тканинах тварин відмічено також в інших повідомленнях [3, с. 47, 5, с. 85].

Результати досліджень. В таблиці 1 наведені матеріали наших досліджень, проведених на кроликах породи шиншила.

Таблиця 1

Вікова динаміка вмісту фосфорних сполук у крові кроликів (в мг % Р)

Вік у добах	Кількість тварин	ФПК	АТФ+АДФ	Неорганічний фосфат
1	8	0,92 ± 0,22	5,91 ± 0,96	7,19 ± 0,20
15	9	0,90 ± 0,06	4,09 ± 0,40	6,98 ± 0,33
30	7	0,83 ± 0,09	3,53 ± 0,36	6,25 ± 0,62
60	11	0,58 ± 0,01	3,50 ± 0,36	5,83 ± 0,29
90	5	0,53 ± 0,01	4,56 ± 0,33	4,56 ± 0,38
180	8	0,40 ± 0,10	3,45 ± 0,45	4,08 ± 0,45
720	6	0,41 ± 0,03	2,92 ± 0,33	4,02 ± 0,36

Вміст фосфорних сполук в крові кроликів з віком знижується. Достовірність різниці показників у молодих тварин у віці 1–15 діб і дорослих 180–720-добових за ФПК $p < 0,02$, аденіндинуклеотидів – $p < 0,01$ і за НФ $p < 0,01$. В перші дні постнатального розвитку вміст ФПК в крові кроликів порівняно високий, потім в особин у віці 60 діб він значно знижується і до 180-добового віку складає 0,40 мг %; практично на цьому рівні він залишається у дорослих кроликів. Відомо, що у ембріонів переважає анаеробний шлях розпаду глікогену і глюкози. В постнатальний період обмінні процеси в тканинах тварин поступово змінюються відповідно до нових умов життя, при яких аеробне окиснення все більше і більше вступає в свої права, як би витісняючи анаеробний шлях. Це, звичайно, не означає, що анаеробний шлях повністю втрачає своє призначення. На всіх етапах онтогенезу анаеробний шлях має велике, а в деяких випадках визначальне значення для мобілізації енергії в тій чи іншій тканині організму.

Як показують дослідження, з віком рівень ФПК в крові тварин знижується. Не виключено, що у дорослих тварин вона інтенсивніше включається в окисні реакції трикарбонових кислот, де окиснюється до води і вуглекислого газу, а можливо, що швидкість реакцій гліколізу, одним із проміжних компонентів яких є ФПК, дещо знижується.

Відомо [6, с. 48], що ресинтез АТФ здійснюється головним чином за рахунок реакцій окисного фосфорилування. У зв'язку з тим, що з віком інтенсивність цих реакцій зростає, можна очікувати поряд з падінням ФПК наростання рівня АТФ. В печінці і особливо в м'язах тварин таке явище дійсно спостерігається. У крові, навпаки, з віком кількість АТФ + АДФ знижувалась. Не виключено, що з віком аденіндинуклеотиди у все зростаючій мірі депонуються в м'язах.

Між рівнем аденіндинуклеотидів і ФПК в крові кроликів виявлена пряма залежність. По мірі старіння організму вміст аденіндинуклеотидів знижувався приблизно в такому ж ступені. Аналогічною була динаміка НФ. З віком вміст даного компоненту знижувався.

Відомо, що в крові плоду рівень НФ значно вище, ніж в крові матері. В крові плодів великої рогатої худоби в порівнянні з материнським організмом міститься в два-три рази більше НФ, а вміст НФ в плодах свиней був однаковим з матір'ю [2, с. 145]. У телят в перші дні життя рівень НФ найбільш високий, потім він дещо знижується і стабілізується у дорослих в межах 4,6–5,5 мг%.

Таблиця 2. Вікові зміни НФ і Са в сироватці крові курей полтавської глинистої і нью-гемпширської порід, за даними [4, с. 38]. представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Вікова динаміка НФ і Са в сироватці крові курей

Вік	Неорганічний фосфат (в мг%)		Кальцій (в мг%)	
	полтавська глиниста	нью-гемпшир	полтавська глиниста	нью-гемпшир
1-3 дні	4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,2	25,5 ± 1,6	25,9 ± 3,1
1 місяць	5,8 ± 0,01	6,3 ± 0,25	23,8 ± 1,7	23,8 ± 1,1
4,5 місяці	2,9 ± 0,36	2,8 ± 0,31	17,6 ± 0,6	17,3 ± 0,6
6,5 місяців	3,9 ± 0,3	3,4 ± 0,3	25,9 ± 1,6	24,3 ± 1,0
12 місяців	3,1 ± 0,02	2,4 ± 0,01	42,4 ± 3,8	37,2 ± 2,0
18 місяців	3,0 ± 0,3	3,0 ± 0,4	20,0 ± 1,7	18,0 ± 1,1

Як видно з таблиці, вміст НФ в крові курей досліджуваних порід з чотирьох місячного віку поступово падає. Падіння рівня НФ можна пов'язати яйцекладкою. З початком яйцекладки вміст Са в крові курей значно зростає, досягаючи максимальних величин до їх 12-місячного віку, а до півторарічного зменшується наполовину. В цей віковий період в них, звичайно, проходить линання.

Дані літератури по віковій динаміці НФ у різних сільськогосподарських тварин свідчать про те, що з віком рівень НФ в сироватці крові значно знижується, а в кістках наростає, що має велике практичне значення для характеристики обміну фосфору у тварин різного віку і для оцінки ступеня їх забезпеченості даним компонентом [7, с. 149].

В віком в м'язах кроликів спостерігається наростання КрФ і аденіннуклеотидів. Найбільш високий рівень компонентів, що визначаються, виявляється в особин у віці 180 діб, тобто в період їх повного фізіологічного розвитку, при пониженні

Таблиця 4

**Вікова динаміка вмісту фосфорних сполук в стегнових м'язах кроликів
(в мг% Р)**

Вік у добах	Кількість тварин	ФПК	КрФ	АТФ+АДФ	Неорганічний фосфат
1	8	3,13 ± 0,62	12,46 ± 0,33	17,50 ± 2,83	30,72 ± 3,38
15	6	5,73 ± 0,43	18,78 ± 0,96	27,39 ± 1,00	30,60 ± 2,60
30	7	4,26 ± 0,53	30,16 ± 1,45	23,98 ± 1,73	36,13 ± 2,67
60	5	3,16 ± 0,40	26,79 ± 0,86	21,54 ± 1,77	34,59 ± 1,17
90	5	3,45 ± 0,62	28,27 ± 1,23	23,32 ± 2,37	35,57 ± 1,55
180	5	4,14 ± 0,20	33,06 ± 1,88	26,34 ± 1,88	32,84 ± 2,46
720	6	3,14 ± 0,45	33,94 ± 0,80	22,81 ± 1,33	21,16 ± 1,44

вмісту аденіннуклеотидів і ФПК в крові. Найбільш низький вміст макроергів виявлявся в м'язах тварин в одноденному віці. Рівень НФ до 180-добового їх віку був порівняно високим і піддавався лише незначним коливанням. У двохлітніх кроликів вміст НФ в м'язах був нижче, ніж у 4-6-місячних.

Таблиця 5

**Вікова динаміка вмісту фосфорних сполук в стегнових м'язах курей
(в мг% Р)**

Вік у добах	Кількість тварин	ФПК	КрФ	АТФ+АДФ	Неорганічний фосфат
1	10	9,43 ± 0,41	4,85	22,20	38,70
15	5	4,37 ± 0,67	27,23 ± 0,41	18,04 ± 1,37	34,90 ± 3,24
30	5	6,37 ± 0,31	26,80 ± 0,50	17,30 ± 1,57	41,54 ± 2,03
60	5	6,70 ± 0,81	28,13 ± 0,41	22,03 ± 1,43	46,80 ± 1,81
90	5	7,55 ± 0,92	36,13 ± 1,56	21,40 ± 2,29	44,83 ± 3,11
180	5	12,01 ± 1,14	46,43 ± 4,32	37,08 ± 4,62	48,22 ± 4,44
720	5	5,36 ± 0,70	47,03 ± 3,17	36,13 ± 3,14	36,60 ± 4,40

Так як і в кроликів, в м'язах курей з віком підвищується вміст КрФ і АТФ + АДФ, стрибкоподібне наростання рівня фосфорних сполук у курей віком 180 діб зв'язано, ймовірно, не тільки з періодом їх повного розвитку, але і зумовлювалось підготовкою організму до яйцекладки.

Таблиця 6

Вікова динаміка АТФ + АДФ в печінці тварин

Вік у добах	Кролики		Кури	
	Кількість тварин	М ± m	Кількість тварин	М ± m
1	8	15,16 ± 1,40	10	13,33 ± 0,90
15	6	21,19 ± 1,68	5	11,31 ± 1,15
30	7	17,18 ± 0,98	5	10,19 ± 1,00
60	5	19,51 ± 1,23	5	10,70 ± 0,31
90	5	15,88 ± 1,62	5	12,34 ± 1,39
180	5	20,56 ± 0,60	5	20,90 ± 1,42
270	6	17,01 ± 3,06	5	16,42 ± 1,42

Вміст аденіннуклеотидів в печінці кроликів з віком поступово наростає. Найбільш високим він був у тварин у віці, який відповідав періоду відкриття очей (15 діб) і статевого дозрівання (180 діб). В печінці курей найбільш високий вміст АТФ + АДФ виявлений в шестимісячному віці, тобто в період яйцекладки. І це цілком зрозуміло, так як у зв'язку з початком яйцекладки метаболічні процеси в печінці значно активуються, зростає швидкість синтезу нуклеїнових кислот і простих білків. Інтенсивні реакції синтезу потребують притоку енергії, донатором якої є АТФ.

Достовірних вікових змін НФ і КрФ в печінці кроликів і курей не виявлено. Як видно з наведених даних, в тканинах молодих тварин вміст аденіннуклеотидів і КрФ більш низький, ніж в тканинах дорослих особин. Обмінні реакції в м'язах молодих тварин протікають при порівняно низькому рівні аденіннуклеотидів. У крові тварин у ці вікові періоди вміст макроергів більш високий. Порівняно низький рівень макроергів у м'язах, ймовірно, створює обмежені можливості руху, що, можливо, є однією з причин підвищеної стомлюваності молодих тварин і зниженої резистентності до різних неблагоприятних впливів зовнішнього середовища.

Вікова динаміка АТФ + АДФ і КрФ відображає стан процесів окисного фосфорилування, які здійснюються в мітохондріях тканин. По мірі наростання активності цих процесів рівень макроергів підвищується.

Рівень ФПК в сироватці крові з віком знижується, а в м'язах він змінюється в залежності від інтенсивності метаболічних процесів в даній тканині. Максимального рівня ФПК досягає у однодобових курчат і в курей в початковий період яйцекладки.

Провідна роль в процесах регуляції кількісного вмісту в тканинах фосфорних сполук належить ферментам, які регулюють процеси окиснення і фосфорилування. НФ тканин організму знаходиться в стані постійного обміну. Фосфорна кислота забезпечує реакції фосфорилування аденілової системи та інших сполук, що вказує на високу лабільність НФ, як природного резерву фосфорилування. Обмін НФ найтіснішим чином пов'язаний з метаболічними реакціями організму і характер цих реакцій в повній мірі залежить від рівня НФ. Особливо інтенсивно протікають реакції обміну між НФ і макроергами, в першу чергу АТФ і АДФ. Обмінні реакції фосфорних сполук можливі лише при оптимальному кількісному співвідношенні реагуючих компонентів. В тому випадку, коли в тканинах наростає вміст макроергічних фосфорних сполук, проходить більш інтенсивне поглинання НФ. В зв'язку з цим рівень останнього повинен знижуватися. І, навпаки, якщо утворення фосфорних сполук і головним чином ресинтез АТФ сповільнюються, то повинен накопичуватись невикористаний неорганічний фосфат. В останньому випадку накопичення НФ не може розцінюватись як позитивний акт, а зниження рівня НФ при прискоренні реакцій фосфорилування органічних сполук, що призводить до зростання енергетичних ресурсів тканини, не може бути оцінене як негативне явище.

Висновки 1. Аналізуючи дані вікової динаміки фосфорних сполук, можна зробити висновок, що вміст фосфорних сполук в різних тканинах тварини в постнатальний період непостійний. Він знижується в крові і наростає в печінці, і особливо в м'язах. Найбільш високий рівень макроергів виявляється в м'язах тварин до моменту завершення росту і періоду повного фізіологічного розвитку. У кроликів і курей породи нью-гемпшир подібне явище спостерігалось в шестимісячному віці. В подальшому вміст фосфорних сполук, в першу чергу КрФ і АТФ + АДФ

в м'язах продовжує залишатися високим. У старих тварин він поступово знижується. В цей період тварини поступово втрачають рухливість, інтенсивність обмінних процесів в їх тканинах знижується.

2. Вікова динаміка фосфорних сполук може бути використана зоотехнією та ветеринарією для отримання максимальної продуктивності тварин і збереження їх здоров'я. За віковою динамікою фосфорних сполук можна робити висновки про норму і патологію обміну речовин в організмі, а знаючи характер обміну макроергічних сполук в тканинах тварин – виявляти ті чи інші порушення у співвідношенні між різними формами фосфорних сполук тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зінкевич М.В. Деякі показники кальцій-фосфорного обміну за умов інтоксикації талієм. *Тези доповідей 75-ої міжвузівської наукової конференції молодих вчених і студентів*. Івано-Франківськ. 2006: С. 158.
2. Ібатуллін І., М.І. Башенко, О.М. Жукорський. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. *Агарна наука*. Київ. 2016. 336 с.
3. Ібатуллін І.І., Сичов М.Ю., Слободянюк Н.М. Науково-практичні рекомендації з жирового живлення каченят-бройлерів та перепелів яєчного і м'ясного напрямів продуктивності. К., 2010, 50 с.
4. Шаповалов С. О. Регуляція есенціальними мікроелементами резистентності організму тварин до несприятливих факторів довкілля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин». Харків, 2011. 38 с.
5. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *European Research Area: Status, Problems and Prospect : proceedings of the International Academic Congress* (Latvian Republic, Riga. 2016. P. 85–87.
6. Бесулін В.І., Приліпко Т.М. Деякі шляхи удосконалення технології виробництва яєць і м'яса курей. *Науковий Вісник. Серія: аграрні науки*. № 3(29), 2005.
7. Бородай В.П., Сохацький М.І. та ін. Технологія виробництва продукції птахівництва. Вінниця: «Нова книга», 2006. 360 с.
8. Коваль Т.В., Приліпко Т.М. Вплив різних типів годівлі на обмін фосфорних сполук в організмі птиці. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика». 2022. Вип. 126. С. 146–152. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.20>
9. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів. К.: Центр учбової літератури, 2009. 304 с.