

Щербініна С.А.старший викладач кафедри економічної теорії
та економічної кібернетики
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка**Шевченко О.М.**кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної теорії та економічної кібернетики
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка**Shcherbinina Svitlana**

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

Shevchenko Olena

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

ОПТИМІЗАЦІЯ ВАЛЮТНОГО РЕЗЕРВУ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ

OPTIMIZATION OF THE FOREIGN CURRENCY RESERVE OF A COMMERCIAL BANK

У статті побудовано оптимізаційну модель забезпечення валютного резерву комерційного банку за умов ризику, яка забезпечить його найбільшу цінність у майбутньому періоді. При знаходженні показників майбутньої відносної цінності валют у випадку невизначеності використано критерій Вальда, який забезпечує отримання найбільшої цінності валютного резерву у найгіршій з ситуацій. Зменшення ризику можливого знецінення валютного резерву унаслідок непередбачуваних змін відносної цінності окремих валют, потребує оптимального плану переформування валютного резерву за критеріями максимізації очікуваної цінності майбутнього валютного резерву та мінімізації дисперсії його цінності. Тому було використано узагальнену методику багатокритеріальної оптимізації і визначено оптимальний склад валютного резерву на множині ефективних планів двокритеріальної задачі.

Ключові слова: валютний резерв, оптимальна цінність валютного резерву, відносна цінність валюти, оптимальне управління валютним резервом, економіко-математична модель.

В статье построено оптимизационную модель обеспечения валютного резерва коммерческого банка в условиях риска, которая обеспечит его наибольшую ценность в будущем периоде. При нахождении показателей будущей относительной ценности валют в случае неопределенности использовано критерий Вальда, который обеспечивает получение наибольшей ценности валютного резерва в наихудшей из ситуаций. Уменьшение риска возможного обесценивания валютного резерва вследствие непредсказуемых изменений относительной ценности отдельных валют, требует оптимального плана реформирования валютного резерва по критериям максимизации ожидаемой ценности будущего валютного резерва и минимизации дисперсии его ценности. Поэтому было использовано обобщенную методику многокритериальной оптимизации и определен оптимальный состав валютного резерва на множестве эффективных планов двухкритериальной задачи.

Ключевые слова: валютный резерв, оптимальная ценность валютного резерва, относительная ценность валюты, оптимальное управление валютным резервом, экономико-математическая модель.

The modern world currency market is undetermined, as evidenced by the chaotic nature of the dynamics of exchange rates. The currency reserve is a significant factor in stabilizing inflationary processes and supporting foreign economic relations. In order to maintain the optimal value of the currency reserve, it should be constantly reviewed, exchanging a certain part of the currency, the relative value of which will decrease, for such, the relative value of which will grow. In this connection, the purpose of the research of currency reserve formation of commercial bank in conditions of risk with the purpose of maintenance of its greatest value in the future period. In the article optimization models

of provision of foreign currency reserve of commercial bank in conditions of risk which will provide its greatest value in the future period are constructed. At finding indicators of future relative value of currencies in case of uncertainty, the Valda criterion is used, which provides for obtaining the highest value of currency reserve in the worst of situations. Reduction of the risk of possible depreciation of the currency reserve due to unpredictable changes in the relative value of individual currencies requires an optimal plan for the transformation of the currency reserve according to the criteria of maximizing the expected value of the future currency reserve and minimizing the dispersion of its value. Therefore, the generalized methodology of multi-criteria optimization was used and the optimal composition of the currency reserve was determined on the basis of many effective plans of the two-criteria task. The management of a commercial bank plays a crucial role in making a decision on the optimal reformation of the foreign exchange reserve; therefore, the reformation plan corresponds to the peculiarities of its individual attitude to risk.

Key words: currency reserve, the optimal value of the foreign exchange reserve, the relative value of the currency, the optimal management of the foreign exchange reserve, the economic-mathematical model.

Постановка проблеми. Головне призначення ефективної банківської системи – це мобілізація фінансових ресурсів з метою здійснення інвестицій в економіку. Формування комерційними банками резервів, є системою фондів грошових коштів, взаємопов'язаних та підпорядкованих єдиним законам грошового обігу та засадам грошово-кредитної політики для запобігання ризикам неплатоспроможності, банкрутству банків та захисту користувачів банківських послуг.

Сучасний світовий валютний ринок є недетермінованим, про що свідчить хаотичний характер динаміки валютних курсів. Валютний резерв (ВР) є вагомим чинником стабілізації інфляційних процесів та підтримки зовнішньоекономічних зв'язків. Він утворюється з набору валют та періодично переформовується [1, с. 56]. Необхідність переформування валютного резерву зумовлена, зокрема, тим, що відносна цінність окремих валют із часом змінюється. Щоб підтримувати оптимальну цінність валютного резерву, його потрібно постійно переглядати, обмінюючи певну частину валюти, відносна цінність якої зменшуватиметься, на таку, відносна цінність якої зростатиме. За умов, коли динаміка майбутньої цінності валют на короткостроковий період визначається абсолютно точно, цінність валютного резерву за рахунок серії послідовних операцій переформування можна значно збільшити. Щоб зменшити ризик можливого знецінення валютного резерву внаслідок непередбачуваних змін відносної цінності окремих валют, в умовах ризику оптимальний план переформування валютного резерву слід визначати за критеріями максимізації очікуваної цінності майбутнього резерву та мінімізації дисперсії його цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями оптимізації ресурсної бази комерційних банків, формуванням резервів, зокрема

валютного займалося багато вітчизняних науковців. Проблема формування оптимального рівня золотовалютних резервів України в умовах валютної лібералізації займалися Кузнецов А.М., Деркач Ю.Б. [2]. Оптимізаційний менеджмент в поєднанні з основами валютного регулювання в рамках зовнішньоекономічної діяльності комерційних банків розглядали Онищенко Н.В., Чебанова Н.В. [3]. Формування та використання ресурсів, а також перспективні напрямки зростання ресурсної бази комерційних банків України вивчали Чиж Н.М., Дзямучич М.І., Потьомкіна О.В. [4]. Теоретичні основи та методичні підходи до управління ризиками комерційних банків, а саме: ринковими ризиками (процентним та валютним), ризиками системних характеристик банків (ліквідності, достатності капіталу, платоспроможності), маркетинговими ризиками досліджували Єпіфанов А.О., Васильєва Т.А., Козьменко С.М. та ін. [5]. Питання акумулювання та ефективного управління золотовалютними резервами країни розглядає Сова О.Ю. [6]. Економіко-математичний інструментарій для розв'язання задач оптимізації валютного резерву в детермінованих умовах та за умов ризику використовував в своїх працях Кігель В.Р. [1; 7; 8].

Отже, питання оптимізації валютного резерву комерційного банку є актуальними і потребують подальшого дослідження.

Метою статті є формування валютного резерву комерційного банку за умов ризику з метою забезпечення його найбільшої цінності у майбутньому періоді.

Виклад основного матеріалу дослідження. Показником динамічної зміни цінності валют є відносна цінність кожної валюти. Цей показник обчислюється за інформацією про валютні курси. Він залежить від обраного переліку валют та дає оцінку цінності кожної валюти у відносній шкалі вимірювань.

Цінність валютного резерву визначається обсягами та відносною цінністю наявних у ньому валют. Залежно від складу валютного резерву його цінність, навіть при незмінному складі, з часом змінюється. За цінністю валютний резерв може бути або зростаючим, або спадним.

Оптимальне управління валютним резервом полягає у заміні частини валюти, відносна цінність якої зменшуватиметься, на таку, відносна цінність якої зростатиме. У детермінованому випадку оптимальне систематичне переформування валютного резерву дозволяє за місяць підвищити його цінність на 8–12%, що відповідає 130–240% річних.

У випадку ризику основними статистичними характеристиками показників майбутньої відносної цінності валют виступають очікуване значення, стандартне відхилення та коефіцієнти кореляції. У випадку невизначеності майбутня відносна цінність окремих валют може бути оціненою лише з точністю до певних діапазонів.

Оцінювання показників майбутньої недетермінованої відносної цінності валют здійснюється або статистичними методами та методами прогнозування, або за результатами експертного опитування. Вибір оптимального плану переформування валютного резерву у випадку ризику здійснюється за показниками очікуваної цінності майбутнього валютного резерву та стандартного відхилення цінності валютного резерву від її очікуваного рівня.

При прийнятті рішення щодо оптимального переформування валютного резерву визначальна роль належить керівництву банку, тому план переформування відповідає особливостям його індивідуального ставлення до ризику. У випадку ризику оптимальний план переформування валютного резерву можна знайти за методикою двокритеріальної оптимізації, яка передбачає участь керівництва у прийнятті рішення та забезпечує його необхідною для правильного вибору інформацією.

У ситуації невизначеності щодо показників майбутньої відносної цінності валют при виборі плану переформування валютного резерву можна скористатися максимінним критерієм Вальда, який забезпечуватиме отримання валютного резерву якнайбільшої цінності у найгіршій з ситуацій щодо значень некерованих параметрів.

Існує необхідний математичний інструментарій для розв'язування задач оптимального управління валютним резервом, а саме методи оптимізації. У ситуації визначеності, коли абсолютно точно відомі цінності валют на майбутній короткостроковий період цінність валютного

резерву можна значно збільшити за рахунок проведення послідовних операцій переформування. Але в реальній ситуації ці дані невідомі, тому, щоб зменшити ризик можливого знецінення валютного резерву унаслідок непередбачуваних змін відносної цінності окремих валют, потрібно оптимальний план переформування визначати за критеріями максимізації очікуваної цінності майбутнього валютного резерву та мінімізації дисперсії його цінності. Для побудови економіко-математичної моделі задачі вводять необхідні позначення відомих і невідомих величин та некерованих параметрів [9, с. 44].

Відомі величини:

n – кількість видів валют, із яких складається ВР;

i, j – номер виду валюти ($i, j = 1, \dots, n$);

a_i – кількість i -ої валюти, що знаходиться у ВР у поточний момент часу;

v_{ij} – коефіцієнт переведення, котрий дорівнює кількості валюти i -ого виду, яка потрібна, щоб отримати одиницю валюти j -ого виду при переформуванні ВР ($v_{ij} = 1$ для $i = j$).

Невідомі величини:

x_{ij} – кількість i -ої валюти, котру буде витрачено для придбання j -ої валюти;

y_j – кількість j -ої валюти, яка буде в переформованому ВР;

u – загальна майбутня цінність переформованого ВР.

Некерований параметр:

w_j^1 – майбутня відносна цінність одиниці j -ої валюти.

Потім записують співвідношення між відомими й невідомими величинами та некерованими параметрами:

– загальна цінність переформованого ВР визначається майбутньою відносною цінністю одиниці кожного виду валюти та кількістю відповідної валюти, яка буде в цьому резерві;

– кількість j -ої валюти, що міститиметься у переформованому ВР, визначається кількістю валюти різних видів, яку використано під час переформування резерву для придбання цієї валюти;

– кількість i -ої валюти, котру буде використано для придбання валют під час переформування ВР, відповідає початковій кількості цієї валюти у поточному резерві;

– кількість i -ої валюти, яку буде витрачено для придбання j -ої валюти, – невід'ємна.

З урахуванням наведених співвідношень задача переформування ВР у детермінованих умовах (відомі значення некерованого параметра) полягає у визначенні такого резерву, загальна цінність якого буде якнайбільшою. Отже, економіко-математична модель має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} u &= \sum_{j=1}^n w_j^1 y_j \rightarrow \max \\ y_j &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{v_{ij}} x_{ij}, j = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= a_i, i = 1, \dots, n \\ x_{ij} &\geq 0, j = 1, \dots, n \end{aligned} \right\} (1)$$

Коефіцієнти переведення є фактично поточними курсами валют, які визначаються поточною відносною цінністю відповідних валют,

$$v_{ij} = \frac{w_j^0}{w_i^0}, i, j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Тоді співвідношення між невідомими величинами можна записати в такому вигляді:

$$w_j^0 y_j = \sum_{i=1}^n w_i^0 x_{ij}, j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Якщо позначити поточну цінність існуючого ВР через u^0 , тоді задача переформування ВР сформулюється як задача про придбання за ціною, що відповідає поточній відносній цінності такої кількості відповідних валют, при якій загальна цінність ВР у майбутньому буде якнайбільшою,

$$\left. \begin{aligned} u &= \sum_{j=1}^n w_j^1 y_j \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n w_j^0 y_j &= u^0 \\ y_j &\geq 0, j = 1, \dots, n \end{aligned} \right\} (4)$$

Це задача визначення складу ВР, після знаходження її оптимального плану y_j^* конкретну схему переформування ВР можна побудувати як розв'язок задачі балансування. Таким чином, оптимальний склад ВР визначається тими валютами (валютою), темп зміни відносної цінності (w_j^1 / w_j^0) яких (якої) є найбільшим.

За умови ризику некерований параметр w_j^1 є випадковою величиною з відомим середнім значенням та стандартним відхиленням. Для визначення оптимального складу ВР потрібно звернутися до множини ефективних планів двокритеріальної задачі:

$$\left. \begin{aligned} \bar{u} &= \sum_{j=1}^n w_j^1 y_j \rightarrow \max \\ \sigma^2(u) &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j y_i y_j \rightarrow \min \\ y_j &\geq 0, j = 1, \dots, n \end{aligned} \right\} (5)$$

де \bar{u} – очікувана загальна цінність;
 $\sigma^2(u)$ – дисперсія загальної цінності;
 ρ_{ij} – коефіцієнт кореляції між цінностями валют;
 σ_i, σ_j – середньоквадратичні цінності валюти за кілька періодів.

У (5) перша цільова функція вимагає вибору такого ВР, загальна очікувана цінність якого \bar{u} була б найбільшою. Друга цільова функція потребує вибору ВР із найменшою дисперсією своєї загальної цінності $\sigma^2(u)$. Для розв'язування задачі використовують узагальнену методику багатокритеріальної оптимізації.

При управлінні ВР до ризику потрібно ставитися негативно і для визначення оптимального складу ВР звернутися до множини ефективних планів двокритеріальної задачі. Отже, адитивну цільову функцію можна записати в такому вигляді:

$$u = \frac{\bar{u}}{u_{\max} - u_{\min}} - \frac{\sigma^2(u)}{\sigma^2(u)_{\max} - \sigma^2(u)_{\min}}. \quad (6)$$

У розв'язку задачі ризик стосовно ВР визначається дисперсією загальної цінності, неохочність до ризику “–”, а схильність “+”. Оптимальний валютний резерв є таким з ефективних планів двокритеріальної задачі, при якому співвідношення показників очікуваної цінності та дисперсії цінності є більш вагомим за системою переваг керівництва комерційного банку.

Прикладну частину дослідження здійснено на базі фінансової звітності одного з комерційних банків Полтавської області. В таблиці 1 наведено початкові дані для побудови оптимізаційної моделі.

Цільовими функціями є максимальне очікуване значення та мінімальна дисперсія цінності валютного резерву у майбутньому періоді. Отже, буде два значення адитивної цільової функції, які визначають діапазон зміни цінності валютного резерву у майбутньому періоді. При

Таблиця 1

Початкові дані

	USD долар США	EUR Євро	RUB російський рубль	GBP фунт стерлінгів	CHF швейцарські франки
Курс на 4.06.2019	26,630	29,610	0,396	33,70	26,70
Відносна цінність	0,227537	0,252999	0,003384	0,287946	0,228135
Кількість валюти, ум. од.	26,688	30,010	0,418	34,714	26,164
Вартість поточна	49935,69	12703,84	9,14	15,84	94,90

Джерело: авторська розробка [10]

Таблиця 2

Курси іноземних валют до гривні за період з 22.04.2019 до 31.05.2019

Дата	USD долар США	EUR Євро	RUB російський рубль	GBP фунт стерлінгів	CHF швейцарські франки
22.04.2019	26,854	30,211	0,420	34,938	26,540
23.04.2019	26,775	30,122	0,420	34,836	26,463
24.04.2019	26,688	30,010	0,418	34,714	26,164
...
31.05.2019	26,873	29,912	0,413	33,931	26,648

Джерело: дані НБУ [10]

Таблиця 3

Відносні цінності валют

Дата	USD долар США	EUR Євро	RUB російський рубль	GBP фунт стерлінгів	CHF швейцарські франки
22.04.2019	0,2257341	0,2539529	0,0035305	0,2936880	0,2230946
23.04.2019	0,2257284	0,2539455	0,0035408	0,2936872	0,2230981
24.04.2019	0,2261810	0,2543350	0,0035426	0,2942014	0,2217401
...
31.05.2019	0,2281685	0,2539715	0,0035066	0,2880953	0,2262581

Джерело: авторська розробка

Таблиця 4

Коефіцієнти лінійної функції

Валюта\Коефіцієнти	a	b
USD долар США	8,88314E-05	0,225705412
EUR Євро	3,38268E-05	0,253408568
RUB російський рубль	8,10135E-08	0,003508222
GBP фунт стерлінгів	-0,000350501	0,295987997
CHF швейцарські франки	0,000227761	0,221389801

Джерело: авторська розробка

Таблиця 5

Значення стандартного відхилення для кожного виду валют

Стандартне відхилення σ_i	0,0008433	0,0004858	0,0000278	0,0028744	0,0018313
0,000843328	7,11203E-07	4,0967E-07	2,34557E-08	2,42405E-06	1,54438E-06
0,000485778	4,0967E-07	2,3598E-07	1,35111E-08	1,39631E-06	8,896E-07
2,78133E-05	2,34557E-08	1,35111E-08	7,73578E-10	7,99459E-08	5,09342E-08
0,002874382	2,42405E-06	1,39631E-06	7,99459E-08	8,26207E-06	5,26383E-06
0,001831291	1,54438E-06	8,896E-07	5,09342E-08	5,26383E-06	3,35363E-06

Джерело: авторська розробка

управлінні валютним резервом комерційного банку до ризику доцільно ставитися несхвально.

Значення керованого параметра визначають за двох обмежень: кількість валюти в майбутньому періоді – невід'ємні числа; сума вартостей поточних дорівнює сумі вартостей за поточними цінностями.

Для знаходження значення цільової функції використано надбудову ТП Microsoft Excel «Пошук рішення».

За даними таблиці 2, яка містить статистичні дані за 24 періоду, розраховано відносні цінності

валют в таблиці 3. Отримані дані використано для визначення коефіцієнтів лінійної функції $y=ax+b$ за відомими значеннями x і y з використанням убудованої функції ЛИНЕЙН у таблиці 4.

У таблицях 5–8 представлено результати розрахунків в ТП Microsoft Excel. За допомогою команди «Пошук рішення» визначено максимальне і мінімальне значення другої цільової функції задачі. Отримані результати наведено в таблиці 9.

Ці дані використано для розрахунку адитивної цільової функції u . Ризик стосовно цінності

Таблиця 6

Коефіцієнти кореляції між окремими видами валют

Кореляція	1	0,420100245	0,486564229	-0,842908189	0,735102773
	0,420100245	1	0,57688177	-0,726622504	0,662441913
	0,486564229	0,57688177	1	-0,413646936	0,248641129
	-0,842908189	-0,726622504	-0,413646936	1	-0,972533537
	0,735102773	0,662441913	0,248641129	-0,972533537	1

Джерело: авторська розробка

Таблиця 7

Кількість валюти в майбутньому періоді

	63766,11592	66498,67597	1032,195653	61324,61054	60335,26755
63766,11592	4066117539	4240362280	65819107,67	3910432224	3847345664
66498,67597	4240362280	4422073906	68639644,28	4078005406	4012215406
1032,195653	65819107,67	68639644,28	1065427,866	63298996,43	62277800,89
61324,61054	3910432224	4078005406	63298996,43	3760707858	3700036784
60335,26755	3847345664	4012215406	62277800,89	3700036784	3640344510

Джерело: авторська розробка

Таблиця 8

Добутки відповідних значень з таблиць 6–7 та дисперсія

Добуток	2891,83337	729,7767977	0,751174496	-7989,988419	4367,806134	
	729,7767977	1043,520459	0,534996971	-4137,505389	2364,432646	
	0,751174496	0,534996971	0,000824191	-2,093259543	0,788706925	
	-7989,988419	-4137,505389	-2,093259543	31071,23305	-18941,41814	
	4367,806134	2364,432646	0,788706925	-18941,41814	12208,35983	1,118027653

Джерело: авторська розробка

Таблиця 9

Отримані значення цільових функцій

Максимальна цінність	62602,45456
Мінімальна цінність	62760,31654
Максимальна дисперсія	392487,3719
Мінімальна дисперсія	1,118027653

Джерело: авторська розробка

Таблиця 10

Діапазон зміни загальної цінності валютного резерву комерційного банку

Адитивна цільова функція	-397,56
Очікуване значення загальної цінності	62760,32
Стандартне відхилення загальної цінності	468,63
Максимальне значення загальної цінності	63228,94269
Мінімальне значення загальної цінності	62759,25917

Джерело: авторська розробка

валютного визначають очікуваним значенням і стандартним відхиленням загальної цінності. Знайдено максимальне значення μ і вказано діапазон зміни загальної цінності валютного резерву комерційного банку шляхом додавання (віднімання) відповідних значень таблиця 10.

Отже, комерційному банку потрібно сформувати валютний резерв на суму 62760,32 тис. грн. з усіх видів валют, результати представлено в таблиці 11.

Висновки. Функціонування моделі оптимізації валютного резерву комерційного банку за

умов ризику з метою забезпечення його найбільшої цінності у майбутньому періоді є максимально автоматизованим, у розрахунках використано стохастичні та статистичні показники. Найбільшу цінність при формуванні валютного резерву комерційного банку можна отримати у випадку більш різких коливань курсу валют. Для цього має сенс використовувати статистичні дані курсу валют за більш тривалий період або з більшим кроком. Наведену методику можна застосовувати для формування валютного резерву підприємств всіх форм власності.

Таблиця 11

Результати по формуванню валютного резерву комерційного банку

Валюта	USD долар США	EUR Євро	RUB російський рубль	GBP фунт стерлінгів	CHF швейцарські франки	
Курс нинішній	26,630	29,610	0,396	33,700	26,700	117,036
Відносна цінність	0,227537	0,252999	0,003384	0,287946	0,228135	1
Відносна цінність у майбутньому періоді	0,227926	0,254254	0,003510	0,287225	0,227084	
Кількість валюти, ум.од.	219462	50213	2700	55	416	
Кількість валюти в майбутньому періоді, ум.од.	63766	66499	1032	61325	60335	
Вартість поточна	49935,69	12703,84	9,14	15,84	94,90	62759,41
Вартість за поточною цінністю	14509,14	16824,10	3,49	17658,15	13764,58	62759,47
Вартість у майбутньому періоді	14533,97	16907,57	3,62	17613,99	13701,16	62760,32

Джерело: авторська розробка

Список використаних джерел:

1. Кігель В.Р. Математичні методи ринкової економіки. Київ : Кондор, 2003. 158 с.
2. Кузнецов А.М., Деркач Ю.Б. Вплив валютної лібералізації на формування золотовалютних резервів України. *Економіка і суспільство*. 2019. № 20. С. 650–656.
3. Онищенко Н.В., Чебанова Н.В. Особливості оптимізаційного менеджменту в рамках валютного регулювання. *Ефективна економіка*. 2016. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5841>
4. Чиж Н.М., Дзямулич М.І., Потьомкіна О.В. Ефективність формування та використання ресурсів комерційних банків України. *Економічний форум*. 2017. № 2. С. 337–343.
5. Управління ризиками банків: монографія у 2 томах. Т. 2: Управління ринковими ризиками та ризиками системних характеристик / за ред. д-ра екон. наук, проф. А.О. Єпіфанова і д-ра екон. наук, проф. Т.А. Васильєвої. Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2012. 299 с.
6. Сова О.Ю. Світові тенденції та вітчизняні реалії формування та використання золотовалютних резервів. Соціально-економічні аспекти стійкого розвитку економіки України : колективна монографія / за ред. Непочатенко О.О. Умань : «Сочінський М.М.». 2016. С. 40–52.
7. Кігель В.Р. Економіко-математичне моделювання в управлінні валютними резервами. *Вісник Національного банку України*. 2000. № 4. С. 44–47.
8. Кігель В.Р. До питання про оптимальне управління валютним резервом в умовах невизначеності. *Вісник Національного банку України*. 2000. № 7. С. 45–47.
9. Харченко Ю.А. Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці : навчальний посібник. Полтава : ПолтНТУ, 2013. 110 с.
10. Офіційний сайт Національного банку України. URL: <https://bank.gov.ua/control/uk/curmetal/detail/> (дата звернення: 20.04.2019).

References:

1. Kihel V.R. (2003). Matematychni metody rynkovoї ekonomiky [Mathematical methods of a market economy]. Kyiv : Kondor. (in Ukrainian)
2. Kuznetsov A.M., Derkach Yu.B. (2019). Vplyv valiutnoi liberalizatsii na formuvannia zolotovaliutnykh rezerviv Ukrainy [Influence of currency liberalization on formation of gold and foreign currency reserves of Ukraine]. *Ekonomika i suspilstvo*, 20, 650–656. (in Ukrainian)
3. Onyshchenko N.V., Chebanova N.V. (2016). Osoblyvosti optymizatsiinoho menedzhmentu v ramkakh valiutnoho rehuliuвання [Features of optimization management in the framework of currency regulation]. *Efektivna ekonomika*, 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5841> (in Ukrainian)
4. Chyzh N.M., Dziamulych M.I., Potomkina O.V. (2017). Efektyvnist formuvannia ta vykorystannia resursiv komertsiiynykh bankiv Ukrainy [Efficiency of formation and use of resources of commercial banks of Ukraine]. *Ekonomichnyi forum*, 2, 337–343. (in Ukrainian)
5. Upravlinnia ryzykamy bankiv: monohrafiia u 2 tomakh [Risk management of banks: monograph in 2 volumes]. T. 2: Upravlinnia rynkovymu ryzykamy ta ryzykamy systemnykh kharakterystyk / za red. d-ra ekon. nauk, prof. A.O. Yepifanova i d-ra ekon. nauk, prof. T.A. Vasyliievoi. Sumy : DVNZ «UABS NBU», 2012. (in Ukrainian)

6. Sova O.Iu. (2016). Svitovi tendentsii ta vitchyzniani realii formuvannia ta vykorystannia zolotova-liutnykh rezerviv [World trends and domestic realities of the formation and use of gold and foreign exchange reserves]. *Sotsialno-ekonomichni aspekty stiikoho rozvytku ekonomiky Ukrainy : kolektyvna monohrafiia / za red. Nepochatenko O.O.* Uman : «Sochinskyi M.M.». (in Ukrainian)
7. Kihel V.R. (2000). Ekonomiko-matematyчне modeliuвання v upravlinni valiutnykh rezervamy [Economic-mathematical modeling in the management of foreign exchange reserves]. *Visnyk Natsionalnoho banku Ukrainy, 4*, 44–47. (in Ukrainian)
8. Kihel V.R. (2000). Do pytannia pro optymalne upravlinnia valiutnym rezervom v umovakh nevyznachenosti [On the question of optimal management of the currency reserve under uncertainty]. *Visnyk Natsionalnoho banku Ukrainy, 7*, 45–47. (in Ukrainian)
9. Kharchenko Yu.A. (2013). Ekonomiko-matematychni modeli v upravlinni ta ekonomitsi : navchalnyi posibnyk [Economics and mathematical models in management and economics: a training manual]. Poltava : PoltNTU. (in Ukrainian)
10. Ofitsiynyi sait Natsionalnoho banku Ukrainy [Official site of the National Bank of Ukraine]. URL: <https://bank.gov.ua/control/uk/curmetal/detail/> (data zvernennia: 20.04.2019).