

УДК 336.7

І. С. Кравчук,

к. е. н., доцент, докторант кафедри банківського менеджменту та обліку,
Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ВОЛАТИЛЬНОСТІ НА РИНКУ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

I. Kravchuk,

PhD, associate professor, Department of Banking Management and Accounting,
Ternopil National Economic University, Ternopil

MODERN APPROACHES FOR VOLATILITY ASSESSMENT ON THE FINANCIAL INSTRUMENTS MARKET

У статті проаналізовано методики щодо визначення волатильності як індикатора нестабільності на ринках цінних паперів та деривативів, враховуючи значний міждисциплінарний поступ у способах її розрахунку. Зокрема розкрито особливості калькуляції історичної волатильності, очікуваної волатильності на основі методики Блека-Шоулза, умовної волатильності на основі процесу GARCH, стохастичної та реалізованої волатильності. З допомогою методу подій здійснено калібрування індикаторів умовної та очікуваної волатильності на основі фондового індексу EURO STOXX 50. Для спрощення інтерпретації індикаторів волатильності, розрахованої за різними методиками, здійснено їх стандартизацію (для відображення коливань в інтервалі від 0 до 1), використовуючи інтегральну функцію розподілу, яка базується на рангуванні значень індикаторів та не вимагає наявності нормального розподілу значень індикаторів.

The methodology for determining the volatility as indicator of instability in the securities and derivatives markets was analyzed in the article, given the significant multidisciplinary progress in the methods of its calculation. In particular the features of calculation of historical volatility, implied volatility based on the methodology of Black-Scholes option pricing, conditional volatility based on GARCH process, stochastic and realized volatility were revealed. Calibration of the conditional and expected volatility indicators based on stock index EURO STOXX 50 was carried out using event study. Standardization of the volatility indicators, calculated by different methods, was carried out (to simplify their interpretation and reflect fluctuations in the interval from 0 to 1) using the cumulative distribution function, which is based on range of indicators and does not require normal distribution of indicator values.

Ключові слова: Волатильність, фінансовий інструмент, метод подій, умовна гетероскедастичність, фінансова криза

Key words: volatility, financial instrument, event study, conditional heteroscedasticity, financial crisis.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасні ринки цінних паперів та деривативів характеризуються значним рівнем чутливості на події (зокрема екзогенні шоки) у фінансовій системі (на фінансових ринках, у фінансових інституціях та фінансовій інфраструктурі), реальному секторі економіки та у інших суспільних сферах (політичній, соціальній тощо). Крім того, фондовим ринкам *per se* притаманні цикли зворотного зв'язку при ціноутворенні на фінансові інструменти, що може провокувати реалізацію ендогенних шоків.

Реакцію ринку на шоки різного походження можна відслідковувати (поряд з іншими показниками) на підставі аналізу індикаторів волатильності, які дозволяють квантифікувати цінові коливання. Індикатори волатильності застосовуються також для оцінки рівня ризикованості вкладень в інструменти ринку цінних паперів та деривативів.

Протягом останніх десятиріч розроблено значну кількість методик визначення волатильності, адекватне застосування яких дозволить як на рівні регуляторних органів, так і на рівні учасників ринку реалізувати ефективні стратегії дій.

ЦІЛЬ СТАТТІ

Метою дослідження є здійснення порівняльної оцінки різних методик розрахунку волатильності та їх калібрування щодо відображення ринкових ситуацій на підставі застосування методу подій (event study).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Волатильність дозволяє оцінити коливання доходностей обігових фінансових інструментів та визначити рівень дисфункціональності ринків.

На підставі аналізу наукових праць з питань волатильності Слєпачук і Закжевські [31] узагальнили такі основні висновки щодо її застосування:

1. Ряди волатильності підпорядковані процесу повернення до середньої (mean reverting process). Цікавою є характеристика розподілу, яка додатково у випадку рядів волатильності отримує форму процесу повернення до мінімуму (minimum reverting process).

2. Явище довгої пам'яті у рядах волатильності (long memory process). Після негативного або позитивного

Таблиця 1. Методи розрахунку волатильності при побудові індексів фінансового стресу

Автори індексів фінансового стресу	очікувана волатильність (implied volatility)	умовна волатильність (GARCH (1,1))	реалізована волатильність (realized volatility)
Illing & Liu [18]		+	
Nelson & Perli [25]	+		
Hakkio & Keeton [15]	+		
Islami & Kurz-Kim [19]	+		
Vermeulen et al. [35]		+	
Balakrishnan et al. [3]		+	
Park & Mercado [27]		+	
Slingenberg & de Haan [32]			
Cardarelli et al. [7]		+	
Oet et al. [26]			
Holló et al. [17]			+
Kliesen & Smith [20]	+		
Louzis & Vouldis [23]		+	+
(Lo Duca & Peltonen [10])			+
Duprey et al. [11]			+

шоку у ряді волатильності цей шок затухає дуже повільно (fractionally integrated time series).

3. Явище групування волатильності (volatility clustering). Можна спостерігати чіткі періоди, протягом яких волатильність залишається на вищому або нижчому рівні упродовж довгого строку. Цей ефект сильно пов'язаний з явищем довгої пам'яті.

4. The leverage effect викликає несиметричну реакцію волатильності на шоки у базовому індексі, тобто зростання волатильності в моменти сильних спадаючих корекцій на противагу до помірнього зростання або відсутності змін у випадку сильних зростаючих шоків.

5. Сильна негативна кореляція волатильності з базовим індексом, яка додатково підлягає посиленню в моменти ринкових шоків на відміну від нормальних інструментів (акції, облігації), де початково ідентифікована негативна кореляція може повністю зникнути в моменти екстремальної поведінки ринку (наприклад, біржовий крах).

6. Розподіл волатильності (у сенсі дисперсії) характеризується високим ексцесом, правосторонньою асиметрією і відсутністю нормальності, але логарифми стандартного відхилення (реалізована волатильність) вже мають у наближенні нормальний розподіл.

7. Volatility-in-correlation effect викликає високу позитивну кореляцію між волатильностями окремих акцій, тобто можна спостерігати високу/низьку кореляцію між окремими акціями, якщо їх волатильність висока/низька і додатково якщо кореляція між рештою акцій є висока/низька.

Для подолання недоліків виміру та поведінки волатильності на протязі останніх десятиріч відбувся значний міждисциплінарний поступ у способах її розрахунку (історична, очікувана, стохастична, умовна, реалізована) на основі поєднання результатів фінансових досліджень, теорії ймовірності, економетричних методів тощо. Деякі з методів оцінки волатильності, а саме очікувана, умовна (на основі GARCH) і реалізована, використовуються для підрахунку ринкових індикаторів при розробці індексів фінансового стресу (табл. 1).

Найбільш відомим і простим способом калькуляції волатильності, який ще застосовувався в працях розробників сучасної портфельної теорії, є визначення волатильності фінансових інструментів як середньоквадратичного відхилення їх дохідності за певний період на

основі історичних даних. На цей час цей показник у динамічному аспекті використовується в технічному аналізі як самостійний індикатор, так і як основа для розрахунку інших технічних індикаторів.

Іншим варіантом є визначення очікуваної волатильності (implied volatility) з моделі Блека-Шоулза для оцінки опціонної премії [5, с. 401]:

$$w = xN(d_1) - ce^{-rt}N(d_2),$$

де w — ціна опціону на акцію;

x — поточна ціна акції;

c — ціна виконання опціону;

r — короткострокова процентна ставка;

$$d_1 = \frac{\ln(x/c) + (r + 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}};$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t};$$

$N(d)$ — вартість кумулятивної нормальної функції розподілу;

σ^2 — дисперсія дохідності, а σ — волатильність.

Розрахована на підставі цієї моделі волатильність була використана для побудови індексу волатильності VIX (Volatility Index) Чиказькою опціонною біржою (CBOE — Chicago Board Options Exchange) у 1993 році. VIX вимірював ринкові очікування 30-денної волатильності опціонних цін індексу S&P100. У 2003 році індекс було вдосконалено на підставі методики Дермана та ін. [9] з Goldman Sachs. Новий VIX базується на індексі S&P500 і оцінює очікувану волатильність, усереднюючи ціни опціонів на купівлю та на продаж [8].

Подібні індекси розраховують і на інших ринках фінансових інструментів — VXO (на основі індексу S&P100), VXN (на основі індексу Nasdaq 100), VXD (на основі індексу Dow Jones Industrial Average), VDAX (на основі німецького індексу DAX), VX1 і VX6 (на основі французького індексу CAC 40), VSTOXX (на основі європейського індексу DJ EURO STOXX 50).

Головним недоліком очікуваної волатильності є її розрахунок на основі припущення про нормальний розподіл ринкових даних. Крім того, очікувана волатильність неоднакова для опціонних контрактів з різними параметрами, що призводить до виникнення ефекту "посмішки волатильності" (volatility smile) через характерну випуклість форми графіку волатильності в залежності від ціни виконання опціону [36, с. 95].

Надалі з розвитком фінансової науки розроблено способи розрахунку волатильності для уникнення гетероскедастичності (кластеризації волатильності). Так, у праці Р. Інгла [12] запропоновано модель авторегресійної умовної гетероскедастичності (ARCH — Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) для розрахунку умовної волатильності.

Сучасна фінансова наука базується на теорії випадкових блукань (random walk theory), згідно з якою дохідність обігових фінансових інструментів (r) визначається наступним чином:

$$r_t = \mu + \varepsilon_t,$$

де μ — математичне очікування дохідності (середнє значення), тобто $E_{t-1}(r_t) = \mu$, а ε — випадкова компонента, яка має нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням.

Згідно з Р. Інгом [12], випадкова величина (y) описується з умовної функції розподілу, її поточне значення залежить від минулої інформації (попереднього значення) і авторегресійна модель першого порядку виглядає наступним чином:

$$y_t = \mathcal{Y}_{t-1} + \varepsilon_t,$$

де ε — білий шум.

Умовна дисперсія випадкової складової (h_t), що і є моделлю ARCH, залежить від попереднього значення випадкової складової (y_{t-1}) [12, с. 982]:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2.$$

У більш загальному вигляді функція дисперсії виглядає так [12, с. 982]:

$$h_t = h(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}, \alpha).$$

Параметри вектору α не можуть бути від'ємні. Недоліком моделі є необхідність застосування, у певних випадках, значної кількості лагів (попередніх значень випадкової величини) p .

Т. Боллерслев [6] запропонував модель узагальненої авторегресійної умовної гетероскедастичності (GARCH — Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity). Модель враховує, крім попередніх значень випадкової величини (ε_{t-p} , яка в Інгла позначалася як y), також попередні значення дисперсії (h_{t-i}) [6, с. 309]:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i},$$

де $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ и $\beta_i \geq 0$ — параметри, значення яких визначаються переважно методом максимальної правдоподібності.

Найбільш прийнятною для аналізу динаміки дохідності фінансових інструментів, в тому числі при розрахунку волатильності для індексів фінансового стресу [27; 32], є застосування параметрів $p=1$, $q=1$, тобто моделі GARCH (1, 1).

Упродовж останніх років розроблено значна кількість модифікацій GARCH — експоненційна GARCH (Exponential GARCH — EGARCH), запропонована Д. Нельсоном [24], порогова GARCH (Threshold GARCH — TGARCH), запропонована Л. Глостеном та ін. [14] тощо.

Розрахунок стохастичної волатильності (SV) передбачає, що волатильність per se є стохастичним процесом.

Проста одноваріантна модель SV для заданої серії дохідностей $Y \equiv \{y_1, \dots, y_T\}$ визначається на підставі таких записів [4, с. 149—150]:

$$y_t = \varepsilon_t,$$

$$\varepsilon_t \approx N(0, \sigma_\varepsilon^2 \exp(h_t)),$$

$$h_{t+1} = \phi h_t + \xi_t,$$

$$\xi_t \approx N(0, \sigma_\xi^2),$$

$$h_1 \equiv 0, \quad t = 1, \dots, T,$$

де $H = \{h_1, \dots, h_T\}$ є прихованою $\theta = (\sigma_\varepsilon, \phi, \sigma_\xi)$ — вектор параметрів.

Методи розрахунку стохастичної волатильності допомагають подолати її недоліки щодо ефекту леввериджу (несиметричної реакції на шоки) [4, с. 26], однак модель стохастичної волатильності є, перш за все, теоретичною моделлю, ніж практичним та прямим знаряддям для прогнозу волатильності [28, с. 59]. Крім того, SV базується на безперервному процесі зміни дохідності оборотних фінансових інструментів, а тому практичну реалізацію цієї методики напевно неможливо забезпечити для низьколіквідних ринків, зокрема в Україні. Наприклад, на "Українській біржі" за так званими blue chips (найбільш ліквідними акціями), зокрема акціями "Мотор Січ" 31.08.2016 року укладено тільки 13 угод.

Реалізована волатильність (realized volatility — RV) є непараметричною ex-post оцінкою коливань дохідності [1, с. 555]. Ця методика була запропонована в 2001 р. Т. Андерсеном та ін. [2] для тикових даних при розрахунку внутрішньоденної волатильності на основі праць К. Френча, Г. Шверта та ін. [13; 29], зокрема було запропоновано визначати оцінку дисперсії місячної дохідності як суму квадратів денних дохідностей (після віднімання середньоденної дохідності за місяць).

Використовуючи n високочастотних даних внутрішньоденної дохідності ($r_{t-1+1/n}, r_{t-1+2/n}, \dots, r_t$) в день t , реалізована волатильність визначається [33, с. 90]:

$$RV_t = \sum_{i=1}^n r_{t-1+i/n}^2$$

Як правило, застосовуються 5-хвилинні інтервали, що дозволяє виключити вплив шуму мікроструктури ринку (market microstructure noise), який детально досліджено у праці П. Хансена та А. Лунде [16].

Ю. Лью та інші [22] визначили такі класи оцінки реалізованої волатильності:

1) стандартна реалізована дисперсія (standard realized variance — RV), яка є сумою квадратів внутрішньоденних дохідностей;

2) метод оптимального вибору частоти вибірки для стандартної RV оцінки;

3) скоригована автокореляційна оцінка RV першого порядку (the first-order autocorrelation-adjusted RV — RVac1);

4) двошкальна реалізована дисперсія (the two-scale realized variance — TSRV) та багатошкальна реалізована дисперсія (the multiscale realized variance — MSRV);

5) реалізоване ядро (the realized kernel — RK);

6) напередусереднена реалізована дисперсія (pre-averaged realized variance — RVpa);

7) реалізована рангова дисперсія (the realized range-based variance — RRV).

При побудові індексу фінансового стресу Т. Дюпрі та ін. [11, с. 8] розраховували місячну реалізовану дохідність акцій (VSTX) як місячну середню абсолютних денних лог-дохідностей ($\log(rSTX_t)$) реального індексу цін акцій ($rSTX$ — реальна ціна акцій після вирахування інфляції):

$$\ln STX_t = \log(rSTX_{t-1}) - \log(rSTX_{t-1-i})$$

$$\ln ST\tilde{X}_t = \frac{\ln STX_t}{\sigma_{\ln STX_{t,i=2609}}}$$

$$VSTX_t = \frac{\sum_{i=0}^{19} \ln ST\tilde{X}_t}{20}$$

Для головних фондових індексів світу щоденні значення реалізованої волатильності публічно доступні на інтернет-сторінці Oxford-Man Institute of Quantitative Finance, фахівці якого розраховують волатильність на підставі роботи Шефардів [30].

У праці Лью та інш. [21], використовуючи метод Монте Карло, здійснено емпіричне порівняння різних видів волатильності, і зокрема отримано результати, що у випадку, коли доступні лише денні дані для оцінки без врахування overnight стрибків цін, оцінка GARCH є кращою для використання, ніж оцінка RV.

Крім того, недоліком використання методики реалізованої волатильності для різних фінансових інструментів є необхідність значного масиву внутрішньоденних даних, які не завжди є публічно доступні у високо-частотних інтервалах.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проаналізуємо з допомогою методу подій (event study) використання основних підходів до оцінки волатильності (очікуваної — IV, умовної (GARCH) — CV та реалізованої — RV) на прикладі фондового індексу EURO STOXX50, який відображає динаміку цін акцій провідних компаній країн зони євро (20 компаній з Франції, 14 — з Німеччини, 5 — з Іспанії, 5 — з Італії, 4 — з Нідерландів, 1 — з Фінляндії та 1 — з Бельгії).

Для аналізу використано 3256 значень даних за період з 03.01.2002 р. до 30.12.2015 р.

Значення очікуваної волатильності отримано на основі індексу волатильності VSTOXX, який відображає у процентних пунктах очікувану волатильність для фондового індексу EURO STOXX50 у наступні 30 днів. Розрахунки здійснюються на основі опціонів на фондовий індекс EURO STOXX50.

Щоденні значення реалізованої волатильності для індексу EURO STOXX50 отримано з інтернет-сторінки Oxford-Man Institute of Quantitative Finance.

Для отримання значень умовної дисперсії застосуємо процес GARCH (1,1), використовуючи програмний економетричний пакет Gretl. На першому етапі обчислено щоденні дохідності індексу EURO STOXX50 як різниці логарифмів значень фондового індексу (дані про значення індексу отримано на інтернет-сторінці Borse Frankfurt). Далі часовий ряд перевірено на стаціонарність з допомогою тесту ADF (Augmented Dickey-Fuller). Статистика тесту складає — 10,3489, що менше критичного значення. Таким чином, підтверджується припущення про стаціонарність динамічного ряду дохідностей.

На наступному етапі побудовано авторегресійну модель першого порядку (AR1), залишки (випадкова складова — ε) за якою використано як вхідні дані для процесу GARCH (1,1).

У результаті застосування методу максимальної правдоподібності отримано модель GARCH, з допомогою якої розраховано щоденні значення умовної дисперсії за вибраний період (3256 даних за період з 03.01.2002 р. до 30.12.2015 р.).

Для спрощення інтерпретації індикаторів волатильності, розрахованої за різними методиками, здійснено їх стандартизацію (для відображення коливань в інтервалі від 0 до 1), використовуючи інтегральну функцію розподілу (CDF — cumulative density function), яка базується на рангуванні значень індикаторів та не вимагає наявності нормального розподілу значень індикаторів, якого не має, наприклад, в ряду даних VSTOXX (рис. 1). Так, тест Колмогорова-Смірнова (використовуючи програмні засоби пакету Statgraphics) показав (DPLUS — 0,131199, DMINUS — 0,105669, DN — 0,131199), тобто з ймовірністю 95% можна стверджувати про відхилення гіпотези про наявність нормального розподілу в ряду даних індексу VSTOXX.

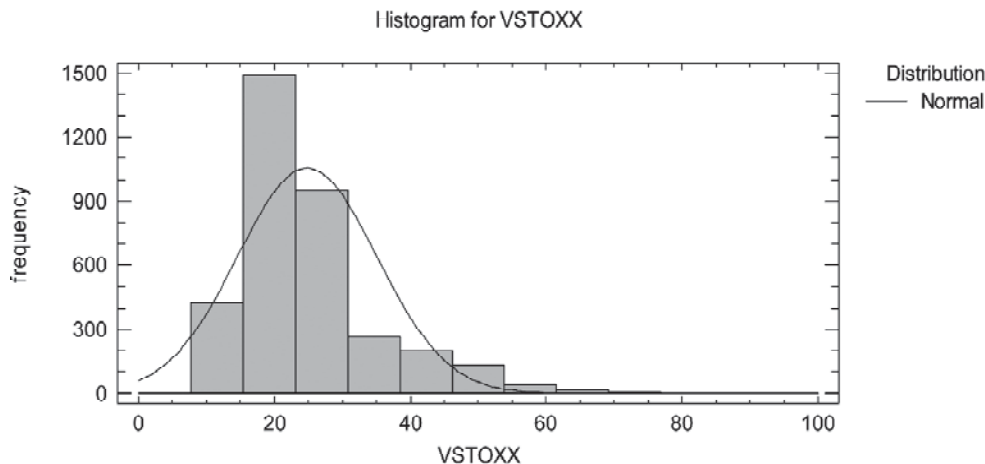


Рис. 1. Гістограма розподілу значень індексу VSTOXX

Джерело: розраховано автором.

Таблиця 2. Кореляційна матриця індикаторів волатильності для фондового індексу EURO STOXX 50

Індикатори	IV (очікувана волатильність)	CV (умовна волатильність)	RV (реалізована волатильність)
IV (очікувана волатильність)	1,000	0,859	0,659
CV (умовна волатильність)	0,859	1,000	0,648
RV (реалізована волатильність)	0,659	0,648	1,000

Джерело: розраховано автором.

Таблиця 3. Частота розподілу значень індикаторів волатильності для фондового індексу EURO STOXX 50

Інтервал значень	Частота	
	Кількість значень	Частка від загальної кількості даних, %
0-0,2	705	19,99
0,2-0,5	1059	30,03
0,5-0,8	1058	30,01
0,8-0,9	353	10,01
0,9-1	350	9,93

Джерело: розраховано автором.

На наступному етапі розраховано кореляційну матрицю показників волатильності (табл. 2), яка свідчить про певні розходження в динаміці індикаторів волатильності IV, CV з RV. А між індикаторами IV та CV можемо спостерігати високий рівень кореляції (0,859).

Аналіз масиву даних щодо частоти появи значень у визначених інтервалах (табл. 3) свідчить, що стабільність на ринку фінансових інструментів зони євро (інтервали від 0 до 0,5) можна констатувати (якщо не приймати до уваги значення інших ринкових характеристик) щодо 50,02% значень волатильності.

Певний рівень фінансової нестабільності (інтервал від 0,5 до 0,8) можна констатувати щодо 20,02% масиву даних, значний рівень фінансової нестабільності (інтервал від 0,8 до 0,9) — щодо 19,99%, а дуже високу фінансову нестабільність (фінансову кризу) — щодо 9,93% даних.

Застосуємо метод подій (event study) для оцінки динаміки індикаторів волатильності за період 2007—2009 рр., на протязі якого була значна кількість негативних шоків (рис. 2).

Як можемо спостерігати з рисунка 2, індикатор реалізованої волатильності характеризується значно вищою чутливістю на зміни цінової динаміки ринку та наявності великої кількості коливань волатильності, що може пояснюватися розрахунком волатильності на основі внутрішньоденних даних. У результаті відображається багато шумових флуктуацій, що ускладнює інтерпретацію індикатора, а тому надалі для аналізу переважно будуть застосовуватися дані індикаторів очікуваної та умовної волатильності.

Протягом 2007 року найбільшу волатильність зафіксовано у серпні, коли 9 серпня банк BNP Paribas призупинив діяльність трьох своїх інвестиційних фондів, які вкладали кошти в сек'юритизовані фінансові інструменти (зокрема в ABS — asset backed securities). 10 серпня індикатор IR зріс до 0,81 (9 серпня — 0,65). Надалі у цей період (у певні дні другої половини серпня) значення індикаторів IR і CV перевищували 0,8, а індикатора RV — 0,9. Ряд вчених [34] визначають цей період як початок світової фінансової кризи, однак, на нашу думку, це були ознаки загост-

рення фінансової нестабільності, яка надалі на основі реалізації системного ризику переросла у світову кризу. Серпневий стрес на ринку обігових фінансових інструментів носив екзогенний характер і був викликаний шоком на інвестиційно-банківському сегменті фінансової системи та поширений інформаційним каналом. У вересні 2007 року значні фінансові проблеми виникли у німецької кредитної установи ІКВ, яка анонсувала 1 млрд дол. США збитків, та британського банку Northern Rock (вкладники якого вивели з банку 1 млрд фунтів), однак індикатор IR не перевищив 0,79, а індикатор CV — 0,74.

У 2008 році можна визначити такі основні негативні події у США та Європі, які призвели до розвитку нестабільності на європейському ринку фінансових інструментів:

— 21 січня 2008 року — найбільше падіння цін на фондових ринках від 11 серпня 2001 року (EURO STOXX50 зменшився на 7,6%). З 21 по 31 січня індикатор IR перевищував 0,8, а індикатор CV з 22 січня до 08 лютого не опускався нижче рівня 0,9.

— березень 2008 року — екзогенний банківський шок, а саме фінансові проблеми банку Bear Stearns та його продаж банку JP Morgan Chase (16 березня). На протязі більшості торговельних днів березня індикатори IR та CV не опускалися нижче 0,8.

— вересень — грудень 2008 року (гостра фаза фінансової кризи) — банкрутство банку Lehman Brothers (15 вересня), федеральний захист від банкрутства страхової компанії AIG, банкрутство банків Washington Mutual та Wachovia (28—29 вересня), інформація про негаразди трьох найбільших банків Ісландії — Glitnir, Kaupthing і Landsbanki (7—8 жовтня) та інші фінансові турбуленції. 1 грудня 2008 року Національне бюро економічних досліджень США підтвердило рецесію, що засвідчило про перехід кризових явищ з фінансової системи в реальний сектор економіки. З 22 вересня і до кінця 2008 року індикатор CV перевищував 0,9.

За підсумками 2008 року 25,15% значень очікуваної волатильності та 35,15% значень індикатора умовної волатильності перевищувало 0,9. Для порівняння у 2007 році ці індикатори жодного разу не досягли рівня 0,9.

На початку 2009 року розвиток фінансової кризи продовжився — індикатор IR не досягав рівня нижче 0,9, а індикатор CV — нижче рівня 0,85 до 24 березня. У цей період другий за розміром німецький банк Commerzbank (8 січня) оголосив про часткову націоналізацію, 9 січня поширено інформацію, що промислове виробництво в Іспанії у листопаді 2008 року впало на 15,1%, 14 січня Deutsche Bank повідомив про оцінені збитки у розмірі 4,8 млрд євро у IV кварталі 2008 р., 11 лютого Credit Suisse прозвітував про річні збитки на суму 8,2 млрд швейц. франків, 24 лютого — значне падіння на фондових ринках світу після падіння індексу Dow Jones до найменшого рівня за 12 років (у цей день індикатор IR становив — 0,97), 26 лютого частково націоналізована британська банківська група Royal Bank of Scotland повідомила про річні збитки на рівні 34,6 млрд дол. США (найгірші в корпоративній історії США), 2 та

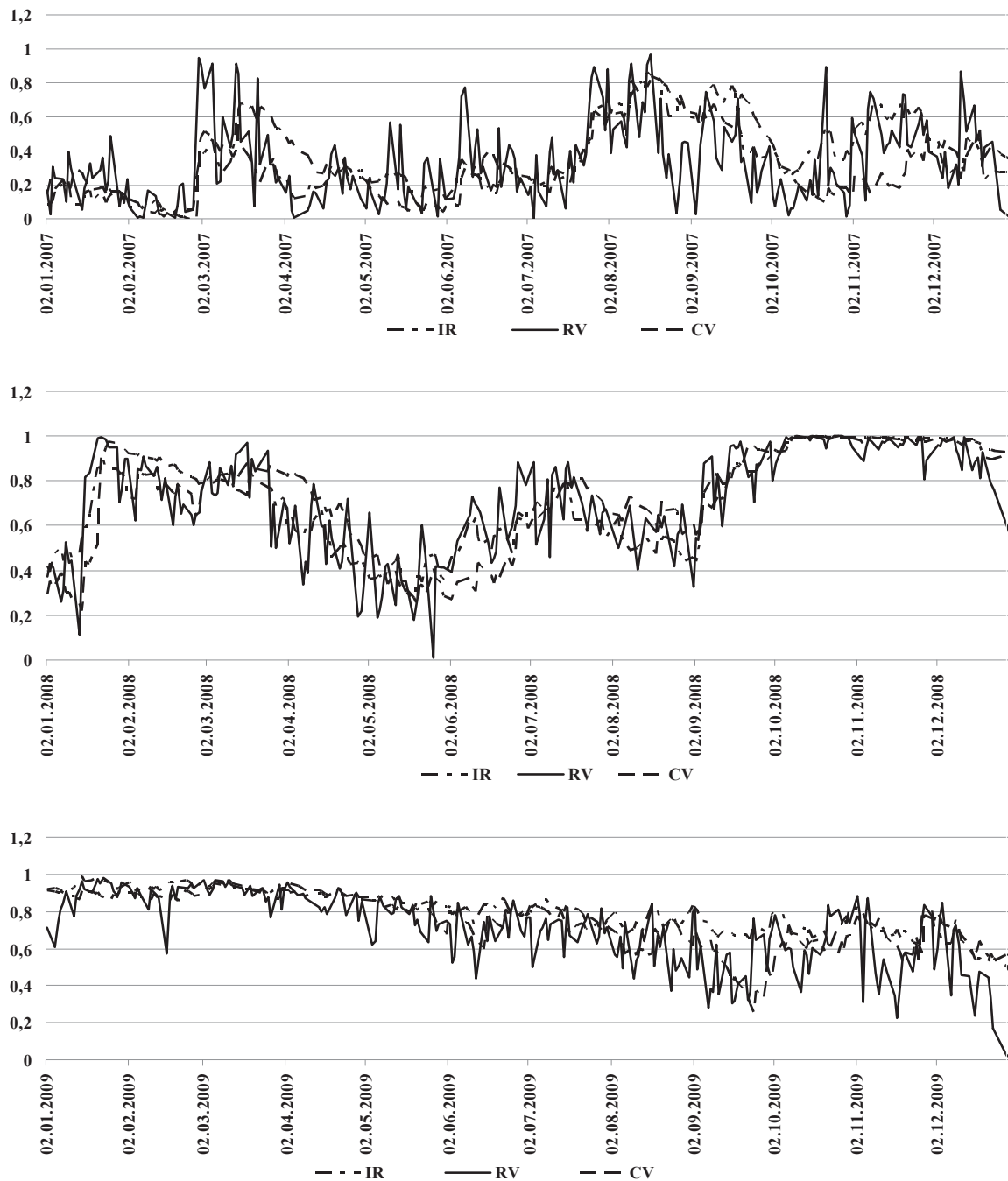


Рис. 2. Динаміка індикаторів волатильності за 2007–2009 рр.

Джерело: розраховано автором.

30 березня — значне падіння на світових фондових ринках — EURO STOXX50 зменшився на 4,8% та 5,2% відповідно, а індекс IR у ці дні становив — 0,96 і 0,94.

Зменшення волатильності на ринку розпочалося у кінці травня — червні 2009 року — індекс CV знизився до рівня менше 0,8 після 26 травня, а індекс IR — після 5 червня, що підтверджується й зменшенням напруженості у фінансовій системі.

У 2009 році IR перевищували 0,9 у 27,20% значень, а CR — у 17,57%.

ВИСНОВКИ

На підставі event study можна з певним рівнем достовірності калібрувати значення стандартизованих індикаторів очікуваної та умовної волатильності обігових

фінансових інструментів, зокрема значення більше 0,9 — свідчать про активну фазу фінансової та економічної кризи, 0,8—0,9 — високий рівень фінансової нестабільності, 0,5—0,8 — затухання або активізацію середнього рівня фінансової нестабільності в залежності від етапу фінансового циклу або дії екзогенного шоку, і відповідно значення менше 0,5 свідчить про фінансову стабільність або дуже низький рівень порушень динамічної фінансової рівноваги (наприклад, у 2015 році майже 80% значень очікуваної волатильності було менше 0,5). Однак індикатори волатильності відображають лише цінові коливання ринку, крім того, аналіз здійснювався лише щодо ринку акцій, а тому для більш повної ідентифікації нестабільності на ринку фінансових інструментів доцільно розраховувати композитні індек-

си, які враховуватимуть й інші характеристики (зокрема рівень ринкової ліквідності) ринків акцій, боргових цінних паперів, деривативів.

Література:

1. Andersen T. Handbook of Financial Time Series / T. Andersen, R. Davis, J.-P. Kreiß, T. Mikosch. — Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009. — 1050 p.
2. Andersen T.G. The distribution of stock returns volatilities / T. Andersen, T. Bollerslev, F. X. Diebold, H. Ebens // Journal of Financial Economics. — 2001. — № 61, pp. 43—76.
3. Balakrishnan R. The Transmission of Financial Stress from Advanced to Emerging Economies / R. Balakrishnan, S. Danninger, S. Elekdag, R. Tytell // IMF Working Paper. — 2009. — № 133. — 52 p.
4. Bauwens L. Handbook of Volatility Models and Their Applications / L. Bauwens, C. Hafner, S. Laurent. — Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2012. — 543 p.
5. Black F. The Valuation Of Option Contracts and A Test of Market Efficiency / F. Black, M. Scholes // Journal of Finance. — 1972. — № 27 (2). — P. 399—417.
6. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity // Journal of Econometrics. — 1986. — № 31. — P. 307—327.
7. Cardarelli R. Financial stress and economic contractions / R. Cardarelli, S. Elekdag, S. Lall // Journal of Financial Stability. — 2011. — № 7. — P. 78—97.
8. CBOE. The CBOE Volatility Index — VIX // CBOE White Paper. — 2015. — Available at: <http://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf>
9. Derman E. More than you ever wanted to know about volatility swaps / E. Derman, K. Demeterfi, M. Kamal, J. Zou // Quantitative Strategies Research Notes. Goldman Sachs. — 1999.
10. Lo Duca M. Macro-financial Vulnerabilities and Future Financial Stress. Assessing Systemic Risk and Predicting Systemic Events / M. Lo Duca, T. Peltonen // ECB Working Paper Series. — 2011. — № 1311. — 37 p.
11. Duprey T. Dating systemic financial stress episodes in the EU countries / T. Duprey, B. Klaus, T. Peltonen // ECB Working Paper Series. — 2015. — № 1873. — 43 p.
12. Engle R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation / R. Engle // Econometrica. — 1982. — № 50 (4). — P. 987—1007.
13. French K. Expected Stock Returns And Volatility / K. French, G. Schwert, R. Stambaugh // Journal of Financial Economics. — 1987. — № 19. — P. 3—29.
14. Glosten L. On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks / L. Glosten, R. Jagannathan, D. Runkle // Journal of Finance. — 1993. — № 48 (5). — P. 1779—1801.
15. Hakkio C. Financial Stress: What Is It, How Can It Be Measured, and Why Does It Matter? / C. Hakkio, W. Keeton // Economic Review. — 2009. — № QII. — P. 5—50.
16. Hansen P. Realized Variance and Market Microstructure Noise / P. Hansen, A. Lunde // Journal of Business & Economic Statistics. — 2006. — № 24. — P. 127—161.
17. Hollo D. CISS — A Composite Indikator Of Systemic Stress In The Financial System / D. Hollo, M. Kremer, M. Lo Duca // ECB Working Paper Series. — 2012. — № 1426. — 49 p.
18. Illing M. An Index of Financial Stress for Canada / M. Illing, Y. Liu // Bank of Canada Working Paper. — 2003. — № 14. — 53 p.
19. Islami M. A single composite financial stress indicator and its real impact in the euro area / M. Islami, J.-R. Kurz-Kim // Bundesbank Discussion Paper. — 2013. — № (31). — 12 p.
20. Kliesen K. Measuring Financial Market Stress / K. Kliesen, D. Smith // Federal Reserve Bank of St. Louis. Economic Synopses. — 2010. — № 2. — P. 2.
21. Liu S. Estimation of Monthly Volatility: An Empirical Comparison of Realized Volatility, GARCH and ACD-ICV Methods / S. Liu, K. Yiu // Research Collection School Of Economics. — 2013.
22. Liu Y. Does anything beat 5-minute RV? A comparison of realized measures across multiple asset classes / Y. Liu, J. Patton, K. Shephard // Journal of Econometrics. — 2015. — № 187. — P. 293—311.
23. Louzis D. A Financial Systemic Stress Index for Greece / D. Louzis, A. Vouldis // ECB Working Paper Series. — 2013. — № 1563. — 46 p.
24. Nelson D. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach / D. Nelson // Econometrica. — 1991. — № 59 (2). — P. 347—370.
25. Nelson R. Selected Indicators of Financial Stability / R. Nelson, R. Perli // IFC Bulletin. — 2006. — № 23. — P. 92—106.
26. Oet M. The Financial Stress Index: Identification of Systemic Risk Conditions / M. Oet, J. Dooley, S. Ong // Risks. — 2015. — № 3. — P. 420—444.
27. Park C.-Y. Determinants of Financial Stress in Emerging Market Economies / C.-Y. Park, R. Mercado // ADB Economics Working Paper Series. — 2013. — № 356. — 39 p.
28. Poon S.-H. A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility / S.-H. Poon. — Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2005.
29. Schwert G. Why Does Stock Market Volatility Change Over Time? / G. Schwert // Journal of Finance. — 1989. — № XLIV (5). — P. 1115—1153.
30. Shephard N. Realising the future: forecasting with high frequency based volatility (HEAVY) models / N. Shephard, K. Shephard // Journal of Applied Econometrics. — 2010. — № 25 (2). — P. 197—231.
31. Slepaczuk R. VIW20 — koncepcja indeksu zmienności dla polskiego rynku akcyjnego / R. Slepaczuk, G. Zakrzewski // e-Finanse. — 2007. — № 4.
32. Slingenberg J. Forecasting Financial Stress / J. Slingenberg, J. de Haan // DNB Working Paper. — 2011. — № 292. — 28 p.
33. Takaishi T. Analysis of Realized Volatility in Superstatistics / T. Takaishi // Evolutionary and Institutional Economics Review. — 2010. — № 7 (1). — P. 89—99.
34. Thornton D. The Federal Reserve's Response to the Financial Crisis: What It Did and What It Should Have Done / D. Thornton // Federal Reserve Bank of St. Louis Review Working Paper Series. — 2012. — № 50A. — Available at: <https://research.stlouisfed.org/wp/2012/2012-050.pdf>

35. Vermeulen R. Financial stress indexes and financial crises / Vermeulen, R.M. Hoerberichts, B. Vasicek, D. Zigraiova, K. Smidkova, J. de Haan // *Open Economies Review*. — 2015. — № 26 (3). — P. 383—406.

36. Субботин А. Моделирование волатильности: от условной гетероскедастичности к каскадам на множественных горизонтах / А. Субботин // *Прикладная эконометрика*. — 2009. — № 3. — P. 94—138.

References:

1. Andersen, T. Davis, R. Kreiß, J.-P. and Mikosch, T. (2009), *Handbook of Financial Time Series*, Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

2. Andersen, T.G. Bollerslev, T. Diebold, F. X. and Ebens, H. (2001), "The distribution of stock returns volatilities", *Journal of Financial Economics*, vol. 61, pp.43—76.

3. Balakrishnan, R. Danninger, S. Elekdag, S. and Tytell, R. (2009), "The Transmission of Financial Stress from Advanced to Emerging Economies", *IMF Working Paper*, vol. 133, p. 52.

4. Bauwens, L. Hafner, C. and Laurent, S. (2012), *Handbook of Volatility Models and Their Applications*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

5. Black, F. and Scholes, M. (1972), "The Valuation Of Option Contracts And A Test Of Market Efficiency", *Journal of Finance*, vol. 27(2), pp. 399—417.

6. Bollerslev, T. (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity", *Journal of Econometrics*, vol. 31, pp. 307—327.

7. Cardarelli, R. Elekdag, S. & Lall, S. (2011), "Financial stress and economic contractions", *Journal of Financial Stability*, vol. 7, pp. 78—97.

8. CBOE (2015), "The CBOE Volatility Index — VIX", CBOE White Paper. Available at: <http://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf> (Accessed 1 September 2011).

9. Derman, E. Demeterfi, K. Kamal, M. and Zou, J. (1999), "More than you ever wanted to know about volatility swaps", *Quantitative Strategies Research Notes*, Goldman Sachs.

10. Lo Duca, M. and Peltonen, T. (2011), "Macro-financial Vulnerabilities And Future Financial Stress. Assessing Systemic Risk And Predicting Systemic Events", *ECB Working Paper Series*, vol. 1311.

11. Duprey, T. Klaus, B. and Peltonen, T. (2015), "Dating systemic financial stress episodes in the EU countries", *ECB Working Paper Series*, (1873).

12. Engle, R. (1982), "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica*, vol. 50 (4), pp. 987—1007.

13. French, K. Schwert, G. and Stambaugh, R. (1987), "Expected Stock Returns And Volatility", *Journal of Financial Economics*, vol. 19, pp. 3—29.

14. Glosten, L. Jagannathan, R. and Runkle, D. (1993), "On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks", *Journal of Finance*, vol. 48 (5), pp. 1779—1801.

15. Hakkio, C. and Keeton, W. (2009), "Financial Stress: What Is It, How Can It Be Measured, and Why Does It Matter?", *Economic Review*, vol. Q II, pp.5—50.

16. Hansen, P. and Lunde, A. (2006), "Realized Variance and Market Microstructure Noise", *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 24, pp.127—161.

17. Hollo, D. Kremer, M. and Lo Duca, M. (2012), "CISS — A Composite Indikator Of Systemic Stress In The Financial System", *ECB Working Paper Series*, vol. 1426.

18. Illing, M. and Liu, Y. (2003), "An Index of Financial Stress for Canada", *Bank of Canada Working Paper*, vol. 14.

19. Islami, M. and Kurz-Kim, J.-R. (2013), "A single composite financial stress indicator and its real impact in the euro area", *Bundesbank Discussion Paper*, vol. 31.

20. Kliesen, K. & Smith, D. (2010), "Measuring Financial Market Stress", *Federal Reserve Bank of St. Louis, Economic Synopses*, vol. 2.

21. Liu, S. and Yiu, K. (2013), "Estimation of Monthly Volatility: An Empirical Comparison of Realized Volatility, GARCH and ACD-ICV Methods", *Research Collection School Of Economics*.

22. Liu, Y. Patton, J. and Shephard, K. (2015), "Does anything beat 5-minute RV? A comparison of realized measures across multiple asset classes", *Journal of Econometrics*, vol. 187, pp. 293—311.

23. Louzis, D. and Vouldis, A. (2013), "A Financial Systemic Stress Index for Greece", *ECB Working Paper Series*, vol. 1563.

24. Nelson, D. (1991), "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", *Econometrica*, vol. 59 (2), pp. 347—370.

25. Nelson, R. and Perli, R. (2006), "Selected Indicators of Financial Stability", *IFC Bulletin*, vol. 23, pp. 92—106.

26. Oet, M. Dooley, J. and Ong, S. (2015), "The Financial Stress Index: Identification of Systemic Risk Conditions", *Risks*, vol. 3, pp. 420—444.

27. Park, C.-Y. and Mercado, R. (2013), "Determinants of Financial Stress in Emerging Market Economies", *ADB Economics Working Paper Series*, vol. 356.

28. Poon, S.-H. (2005), *A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

29. Schwert, G. (1989), "Why Does Stock Market Volatility Change Over Time?", *Journal of Finance*, vol. XLIV(5), pp. 1115—1153.

30. Shephard, N. and Shephard, K. (2010), "Realising the future: forecasting with high frequency based volatility (HEAVY) models", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 25 (2), pp. 197—231.

31. Slepaczuk, R. and Zakrzewski, G. (2007), "VIW20 — koncepcja indeksu zmienności dla polskiego rynku akcyjnego". *e-Finanse*, vol. 4.

32. Slingenberg, J. and Haan de, J. (2011), "Forecasting Financial Stress", *DNB Working Paper*, vol. 292, 28 p.

33. Takaishi, T. (2010), "Analysis of Realized Volatility in Superstatistics", *Evolutionary and Institutional Economics Review*, vol. 7 (1), pp. 89—99.

34. Thornton, D. (2012), "The Federal Reserve's Response to the Financial Crisis: What It Did and What It Should Have Done", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review Working Paper Series*, vol. 50A.

35. Vermeulen, R. Hoerberichts, M. Vasicek, B. Zigraiova, D. Smidkova, K. and Haan de, J. (2015), "Financial stress indexes and financial crises", *Open Economies Review*, vol. 26 (3), pp. 383—406.

36. Subbotin, A. (2009), "Volatility modeling: from conditional heteroscedasticity to cascades at multiple horizons", *Prikladnaja jekonometrika*, vol. 3, pp. 94—138. *Стаття надійшла до редакції 27.12.2016 р.*