

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕКОНОМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ДОМОГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ УСТАЛЕНОЇ ДІЇ ЕКЗОГЕННИХ ФАКТОРІВ

© 2016 ІВАНОВ Р. В.

УДК 330.42: 519.7

Іванов Р. В. Математична модель економічної поведінки домогосподарства в умовах усталеної дії екзогенних факторів

Основною метою роботи є побудова економіко-математичної моделі поведінки економічного агента, схильного до самоорганізації, у процесі взаємодії з усталеними зовнішніми факторами. Запропонована модель розглядається в просторі станів у формі лінійної комбінації функцій руху економічного диполя й рівномірного матеріального потоку. Дослідження моделі дозволило встановити залежність розміру «області стабільності», що визначає величину ресурсів, необхідних для забезпечення життєдіяльності економічного агента, від параметрів внутрішнього й зовнішнього потоків. Установлено, що економічний агент більш мотивований на протидію зовнішнім факторам, ніж на підтримку рівноважного стану.

Ключові слова: економічна поведінка, мотивація, усталена дія зовнішніх факторів, економічний диполь, коефіцієнт мотивації.

Рис.: 3. **Формул:** 11. **Бібл.:** 9.

Іванов Роман В'ячеславович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара (пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна)

E-mail: roman_ivanov07@mail.ru

УДК 330.42: 519.7

UDC 330.42: 519.7

Іванов Р. В. Математическая модель экономического поведения домохозяйства в условиях установившегося действия экзогенных факторов

Ivanov R. V. The Mathematical Model of the Economic Conduct of a Household in the Conditions of the Steady Action of the Exogenous Factors

Основной целью работы является построение экономико-математической модели поведения экономического агента, склонного к самоорганизации, в процессе взаимодействия с установившимися внешними факторами. Предложенная модель рассматривается в пространстве состояний в форме линейной комбинации функций движения экономического диполя и равномерного материального потока. Исследования модели позволило установить зависимость размера «области стабильности», определяющей величину ресурсов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности экономического агента, от параметров внутреннего и внешнего потоков. Установлено, что экономический агент более мотивирован на противодействие внешним факторам, чем на поддержание равновесного состояния.

The publication has the primary aim of building an economical-mathematical model of conduct of an economic entity, prone to self-organization, in the process of interaction with the established external factors. The proposed model is considered in the space of conditions in the form of a linear combination of functions of movement of the economic dipole and a uniform material flow. On examining the model, dependence of size of the «stability field» that determines the amount of resources required for ensuring the viability of the economic entity from the parameters of both the internal and the external flows has been determined. It has been determined that the economic entity is motivated to resist the external factors rather than to maintain the equilibrium.

Ключевые слова: экономическое поведение, мотивация, установившееся действие внешних факторов, экономический диполь, коэффициент мотивации.

Keywords: economic conduct, motivation, steady action of the external factors, economic dipole, motivation coefficient.

Рис.: 3. **Формул:** 11. **Библ.:** 9.

Fig.: 3. **Formulae:** 11. **Bibl.:** 9.

Іванов Роман Вячеславович – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (пр. Гагарина, 72, Днепро, 49010, Украина)

Ivanov Roman V. – PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University (72 Haharyna Ave., Dnipro, 49010, Ukraine)

E-mail: roman_ivanov07@mail.ru

E-mail: roman_ivanov07@mail.ru

Домогосподарство можна вважати базисним суб'єктом економічної системи. При цьому домогосподарства є надто вразливими в умовах кризових економічних явищ, які супроводжуються зростанням тарифів, зниженням або втратою доходів, знеціненням збережень та ін.

Але саме домогосподарства є й найбільш адаптованими до зміни зовнішніх умов, які часто мають негативний характер. Їм простіше змінити модель управління заощадженнями, скоригувати споживчу поведінку, щоб згладити негативні наслідки кризових явищ. Від того, як адаптуються домогосподарства, здебільшого залежить, як переживе кризу економіка в цілому [1].

Саме це зумовлює значимість й актуальність дослідження особливостей економічної поведінки домогосподарств, напрямів її оптимізації згідно із загальною метою сталого якісного розвитку національної економіки, зростання добробуту населення та задоволення його потреб.

Питання щодо економічної поведінки в останні роки знаходяться у центрі уваги багатьох вітчизняних фахівців, зокрема, О. Ватаманюка, Л. Демедюк, Т. Кізіми, Е. Лібанової, М. Литвак, І. Ломачинської, В. Мандибури, Л. Миргородської, С. Панчишина, Д. Тюпи, О. Шаманської та ін.

Так, у роботі [2] на основі вивчення статистичних даних досліджуються тенденції розвитку сільських домогосподарств та особистих селянських господарств в умовах фінансової кризи.

Одне з досліджень О. Шаманської [3] присвячено вивченню прагматичних підходів щодо реалізації дохідної поведінки домогосподарств.

Колодубська Н. В. у роботі [4] досліджує вплив інституціональних змін на економічну поведінку суб'єктів господарювання.

У статті М. О. Оліскевич [5] проводиться емпіричний аналіз часової динаміки ефектів впливу на споживчі

видатки домогосподарств зміни постійного і тимчасового доходів, темпу інфляції, чутливості до відхилень від довгострокових тенденцій та інших чинників. При цьому теоретичним підґрунтям економетричного моделювання є гіпотеза сталого доходу.

Але більшість з доступних до ознайомлення робіт на згадану тематику або мають суто теоретико-економічну спрямованість, або базуються на статистичному аналізі даних та соціометричних дослідженнях і не містять строго формалізованого зв'язку між вихідними даними та висновками, у той час як одним з головних інструментів дослідження властивостей об'єктів, систем та процесів, зокрема економічних, можна вважати процедуру моделювання структури, поведінки, ендогенної або екзогенної взаємодії зазначених одиниць під впливом факторів різної природи.

В одному з попередніх досліджень [6] автором представленої роботи було побудовано динамічну модель економічної поведінки, в якій мотиваційним фактором обрано відхилення дійсного стану соціально-економічного агента від бажаного. Модель узгоджується з принципом граничної корисності (У. С. Джевонс, К. Менгер та Л. Вальрас).

Запропонована модель представлена як у просторі розміщення, так і у просторі станів. Уведення простору станів дозволяє досліджувати соціально-економічні процеси, притаманні постіндустріальній економіці та економіці знань, в умовах яких на перше місце замість територіальних характеристик у географічних координатах виходять дані про їх соціально-економічний стан.

Ґрунтуючись на методологічному підході, запропонованому в роботі [7], у статті [8] було введено у розгляд «функцію руху» ресурсів, яка повністю відображає геометричну структуру процесу, тобто є ефективним інструментом якісного та, як наслідок, кількісного аналізу досліджуваних процесів.

Крім того, побудова моделей поведінкових стратегій у формі лінійних комбінацій окремих «функцій руху» відкриває шлях дослідження економічної поведінки економічних агентів як під впливом екзогенних факторів, так і в умовах двобічної (багатобічної) взаємодії.

Метою представленої роботи є застосування згаданих вище і запропонованих у роботах [6; 8] моделей та підходів до вивчення поведінкових стратегій соціально-економічних агентів, зокрема домогосподарств, в умовах дії усталених ендогенних факторів.

Категорія «економічний диполь» був уведений у роботу [8] у припущенні, що домогосподарство є одночасно і точкою виробництва (економічне джерело [8]), і точкою споживання (економічний стік [8]), причому з однаковими за модулем інтенсивностями (Π – інтенсивність економічного джерела; $-\Pi$ – інтенсивність економічного стоку). Це означає, що домогосподарство знаходиться в стані, коли його потреби повністю задовольняються за рахунок створених благ.

У декартовій системі координат (x, y) , яка пов'язана з полярною $(r; \theta)$ рівняннями

$$x = r \cos \theta; y = r \sin \theta,$$

схема матеріального руху економічного диполя з моментом m має структуру, представлену на рис. 1.

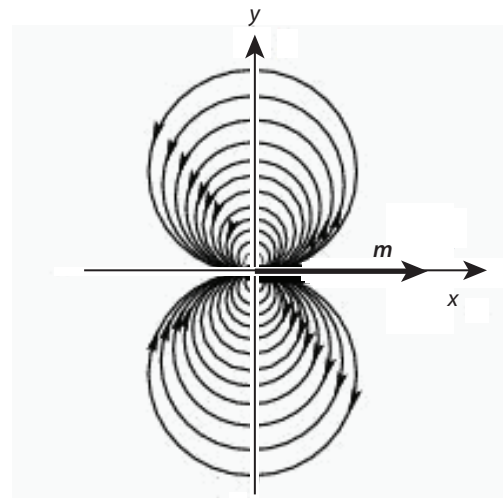


Рис. 1. Структура потоку диполя

Наявність множини циклічних переходів (див. рис. 1) можна пояснити тим, що простір є неперервним, а утворений потік є усталеним. Очевидно, що структура потоку диполя є симетричною відносно осі (віссиметричною), додатний напрямок якої відповідає куту $\theta = 0$.

До того ж, кут $\theta = 0$, який у просторі станів [8] відповідає напрямку покращення стану економічного агента, є характерним для напрямку моменту економічного диполя m (див. рис. 1). Адже абсолютна величина моменту економічного диполя m характеризує саме здатність (потенціал) економічного агента або до можливого покращення стану, або до протидії факторам, які намагаються його погіршити.

З огляду на побудовану в роботі [6] математичну модель раціональної економічної поведінки функція руху для економічного диполю має вигляд

$$\Psi_{ED} = \frac{m \sin^2 \theta}{4\pi r}, \quad (1)$$

для якої компоненти поля швидкості мають вигляд (v_r – компонента за «кількісною координатою»; v_θ – компонента за «якісною координатою»)

$$v_r = \frac{2m \cos \theta}{4\pi r^3}; \quad v_\theta = \frac{m \sin \theta}{4\pi r^3}. \quad (2)$$

При цьому, як функція рівня (1), так і функції (2) повністю відображають структуру руху відносно економічного диполя, представленого на рис. 1.

Дійсно, при $\theta = 0$ (додатний напрямок горизонтальної осі): $v_r = \frac{2m}{4\pi r^3}$; $v_\theta = 0$, тобто відхилення від

стану задоволення в напрямку погіршення відсутнє, а всі дії економічного агента можуть бути сфокусовані на покращенні стану. Адже в даному випадку напрямки компонент швидкості v_r та моменту диполя співпадають.

Навпаки, при $\theta = \pi$ (від'ємний напрямок горизонтальної осі): $v_r = -\frac{2m}{4\pi r^3}$; $v_\theta = 0$ – відбувається мак-

симізація негативного впливу при будь-якому відхиленні від стану задоволення (рівноваги) (0; 0). Саме тому усі дії економічного агента спрямовані на мінімізацію цього відхилення.

При $\theta = \frac{\pi}{2}$ (додатний напрямок вертикальної

осі): $v_r = 0$; $v_\theta = \frac{m}{4\pi r^3}$ – будь-яке відхилення від стану

рівноваги має нейтральний вплив на стан економічного агента.

Адже усі результати власної діяльності з максимальною кутовою швидкістю $v_\theta = \frac{m}{4\pi r^3}$ спрямовуються або на задоволення власних потреб, або на компенсацію тих ресурсів, які були використані раніше.

Аналогічна ситуація спостерігається при $\theta = -\frac{\pi}{2}$ (від'ємний напрямок вертикальної осі):

$$v_r = 0; v_\theta = -\frac{m}{4\pi r^3}.$$

Цікавим і важливим слід вважати той факт, що при $\theta = 0$ та $\theta = \pi$ абсолютна величина швидкості руху

ресурсів дорівнює $V = \frac{2m}{4\pi r^3}$, у той час як при $\theta = \frac{\pi}{2}$

та $\theta = -\frac{\pi}{2}$ має місце значення $V = \frac{m}{4\pi r^3}$.

Пояснення цього факту будемо проводити з огляду на особливості функціонування домогосподарства. Адже в процесі його життєдіяльності первинним мотиватором є намагання задоволення потреб, підтримки життєдіяльності (споживання) та звичного рівня життя. Тобто, величина мотивації є числом від'ємним, адже націлена, головним чином, на споживання.

Зокрема, для економічного диполю поле мотивації описується функцією

$$\begin{aligned} M(r, \theta) &= M_0 - \rho \frac{V^2}{2} = \\ &= M_0 - \frac{\rho}{2} \left(\left(\frac{2m \cos \theta}{4\pi r^3} \right)^2 + \left(\frac{m \sin \theta}{4\pi r^3} \right)^2 \right) = (3) \\ &= M_0 - \frac{\rho}{2} \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2 (3 \cos^2 \theta + 1). \end{aligned}$$

При $\theta = \frac{\pi}{2}$ та $\theta = -\frac{\pi}{2}$ мотивація визначається величиною

$$M(r, \theta) = M_0 - \frac{\rho}{2} \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2, \quad (4)$$

а при $\theta = \pi$:

$$M(r, \theta) = M_0 - 2\rho \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2. \quad (5)$$

Величина (4) відповідає нейтральній ситуації, яка не містить ніякої загрози для домогосподарства, а лише вимагає виконання стандартних процедур (щоденних обов'язків). Водночас величина (5) характеризує наявність загрози (або факту) погіршення стану домогосподарства.

Саме тому має місце нерівність

$$abs(M(r, \pi)) > abs\left(M\left(r, \frac{\pi}{2}\right)\right). \quad (6)$$

Таким чином, можна стверджувати, що бажання усунення негативного відхилення між наявним і бажаним станом домогосподарства породжується більшим рівнем мотивації, ніж бажання підтримки стану домогосподарства на наявному рівні.

Нехай у досліджуваному просторі існує екзогенний фактор (економічний, соціальний, політичний тощо), який спонукає рівномірно (прямолінійно, з однаковою абсолютною швидкістю, в одному напрямку) переміщуватися всі елементарні одиниці, утворюючи так званий рівномірний потік. Якщо зазначений потік у введених координат спрямований вздовж (паралельно) горизонтальній осі справа наліво (з боку $\theta = 0$ у бік $\theta = \pi$), то його вплив слід вважати негативним, а структура відображається функцією руху [6; 9]:

$$\Psi_{ЗВ} = -\frac{1}{2} V_\infty r^2 \sin^2 \theta, \quad (7)$$

де V_∞ – швидкість потоку, яку, наприклад, при інших рівних умовах можна інтерпретувати як рівень інфляції. Структура потоку представлена на рис. 2.

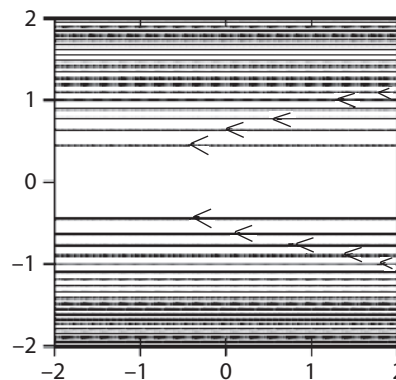


Рис. 2. Структура рівномірного потоку в просторі станів

Компоненти швидкості для функції (7) описується співвідношеннями

$$v_r = -V_\infty \cos \theta; v_\theta = V_\infty \sin \theta, \quad (8)$$

а $V = \sqrt{v_r^2 + v_\theta^2} = \sqrt{(-V_\infty \cos \theta)^2 + (V_\infty \sin \theta)^2} = V_\infty$, що підтверджує рівномірність досліджуваного потоку.

Таким чином, і рівень мотивації залишається сталим у всьому потоці, тобто $M(r, \theta) = const$.

Якщо систему координат обрано так, що вона рухається одночасно з потоком, то можна говорити, що в якому б стані не знаходився економічний агент, рівномірний потік ніяк на нього не впливає. Отже, відносно потоку економічний агент знаходиться в стані спокою.

Якщо ж в деякий початковий момент часу стан економічного агента є таким, що у просторі станів він знаходиться у стані спокою, то під дією описаного рівномірного потоку можуть виникати такі ситуації:

- ✦ не здійснюючи протидію потоку, економічний агент погіршує свій стан зі швидкістю V_∞ ;
- ✦ намагаючись зберегти свій стан, економічний агент вимушений витратити додаткові ресурси на протидію зовнішньому впливу.

Таким чином, можна стверджувати, що модель рівномірного потоку може бути застосована для моделювання економічної поведінки економічних агентів під впливом деякого однорідного фактора, зокрема, негативного.

Розглянемо збалансовану економічну систему, концептуальною моделлю якої є економічний диполь та яка знаходиться під екзогенним впливом (економічним, соціальним, політичним тощо), який намагається (свідомо чи несвідомо) з найбільшою ефективністю погіршити стан досліджуваної економічної системи.

Зупинимось на ситуації, коли момент економічного диполя m [6; 8] є порівнюваним до значення параметра зовнішнього впливу V . При цьому, момент m в просторі станів [6] направлений назустріч напрямку негативного впливу.

У цьому випадку, з огляду на результати, представлені в роботах [6; 8] і теоретичні основи умов просторової взаємодії потоків [9], модель досліджуваної задачі може бути представлена у вигляді лінійної комбінації функцій руху економічного диполя та зовнішнього потоку:

$$\Psi = \Psi_{EP} + \Psi_{3B} = \frac{m \sin^2 \theta}{4\pi r} - \frac{1}{2} V_\infty r^2 \sin^2 \theta. \quad (9)$$

Особливість взаємодії полягає в тому, що зовнішній вплив обмежує розмір доступних ресурсів, здатних забезпечити стійке функціонування економічного агента, зокрема, домогосподарства.

Згідно з побудованою моделлю вказані ресурси зосереджені в деякій області, яку будемо називати «областю стабільності». У просторі станів [6] функція руху (9) дозволяє описати «область стабільності», що має сферичну форму, радіус якої пов'язаний з параметрами внутрішнього (економічний диполь) та зовнішнього потоків рівнянням

$$|r_c| = \sqrt[3]{\frac{m}{2\pi V_\infty}}. \quad (10)$$

Отже, чим більше параметр зовнішнього впливу V_∞ , тим менше стає величина доступних ресурсів – «область стабільності» (рис. 3).

Слід розуміти, що представлена в полярних координатах (r, θ) на рис. 3 структура взаємодії відповідає усталеному режиму функціонування після адаптації до зовнішнього впливу. При цьому, «область стабільності» обмежує не тільки матеріальні ресурси, але й людський капітал.

Крім того, слід розуміти, що підтримка рівня життя (збереження координат, які відповідають розташуванню в просторі станів [6]), звичного для окремого індивіда,

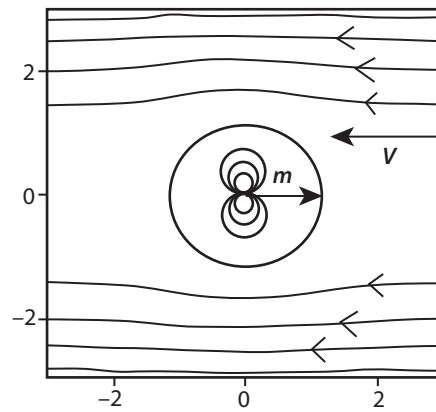


Рис. 3. Структура області стабільності економічного диполя в умовах дії зовнішнього середовища

супроводжується задоволенням не лише потреб існування, але й соціальних потреб, потреб особистісного зростання та самореалізації.

Економічна поведінка, спрямована на протидію зовнішньому впливу та підтримку «області стабільності», супроводжується додатковим рівнем мотивації, для оцінки якого може бути застосований «коефіцієнт мотивації» у формі

$$c_M = 1 - \frac{9}{4} \sin^2 \theta \quad (11)$$

(у координатах (r, θ) кут $\theta = 0$ співпадає з напрямком моменту диполя).

Аналіз виразу (11) підтверджує тезу про те, що економічний суб'єкт більш вмотивований на протидію зовнішнім факторам (вираз (4) при $\theta = 0$), ніж на підтримку рівноважного стану (вираз (4) при $\theta = \frac{\pi}{2}$).

ВИСНОВКИ

У представленій роботі було побудовано математичну модель (9) економічної поведінки домогосподарства в умовах усталених екзогенних факторів у вигляді лінійної комбінації функцій руху економічного диполя (1) та рівномірного потоку (7).

Її дослідження та аналіз структури у просторі станів (див. рис. 3) дозволили визначити залежність (10) між величиною доступних домогосподарству ресурсів («область стабільності») та параметрами ендогенного та екзогенного матеріальних потоків.

Установлено, що економічний агент більш вмотивований на протидію зовнішнім факторам, ніж на підтримку рівноважного (наявного) стану.

Шляхи подальших досліджень вбачаємо в обґрунтуванні, побудові та вивченні моделей стратегій економічної поведінки в умовах суттєвого погіршення негативного впливу екзогенних факторів. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Щербаль М. С. Финансовое поведение домохозяйств в условиях кризиса. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2012. № 6 (112). С. 108–115.

2. Демедюк Л. В. Економічна поведінка домогосподарств та особистих селянських господарств в умовах фінансової кризи. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 2 (19). С. 103–105.

3. Шаманська О. Прагматика реалізації дохідної поведінки домогосподарства в контексті сучасних тенденцій. *Галицький економічний вісник*. 2013. № 1 (40). С. 112–118.

4. Колодрубська Н. В. Інституціональні зміни та їхній вплив на економічну поведінку суб'єктів господарювання. *Актуальні проблеми економіки*. 2011. № 1 (115). С. 16–25.

5. Оліскевич М. О. Особливості економетричних моделей споживання в Україні в умовах нестабільності та структурних зрушень. *Бізнес Інформ*. 2014. № 3. С. 113–121.

6. Іванов Р. В. Узагальнена математична модель раціональної економічної поведінки. *Бізнес Інформ*. 2015. № 12. С. 139–144.

7. Милованов В. П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. Москва: Эдиториал, 2001. 264 с.

8. Іванов Р. В. Концептуальна модель економічної поведінки домогосподарства в умовах самозабезпечення. *Бізнес Інформ*. 2015. № 10. С. 137–142.

9. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. Москва: Наука, 2003. 846 с.

REFERENCES

Demediuk, L. V. "Ekonomiczna povedinka domohospodarstv ta osobystykh selianskykh gospodarstv v umovakh finansovoi kryzy" [Economic behavior of households and private farms in the conditions of financial crisis]. *Stalyi rozvytok ekonomiky*, no. 2(19) (2013): 103-105.

Ivanov, R. V. "Uzahalnena matematychna model ratsionalnoi ekonomichnoi povedinky" [Generalized mathematical model of rational economic behavior]. *Biznes Inform*, no. 12 (2015): 139-144.

Ivanov, R. V. "Kontseptualna model ekonomichnoi povedinky domohospodarstva v umovakh samozabezpechennia" [A conceptual model of the economic behavior of households in terms of self-sufficiency]. *Biznes Inform*, no. 10 (2015): 137-142.

Kolodrubska, N. V. "Instytutsionalni zminy ta yikhnyi vplyv na ekonomichnu povedinku subiektiv hospodariuvannia" [Institutional changes and their impact on the economic behavior of economic entities]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 1(115) (2011): 16-25.

Loysianskiy, L. G. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Fluid mechanics]. Moscow: Nauka, 2003.

Milovanov, V. P. *Neravnovesnyye sotsialno-ekonomicheskiye sistemy: sinergetika i samoorganizatsiya* [Non-equilibrium socio-economic system: synergy and self-organization]. Moscow: Editorial, 2001.

Oliskevych, M. O. "Osoblyvosti ekonometrychnykh modelei spozhyvannia v Ukraini v umovakh nestabilnosti ta strukturnykh zrushen" [Features of econometric consumption models in Ukraine under conditions of instability and structural changes]. *Biznes Inform*, no. 3 (2014): 113-121.

Shamanska, O. "Prahmatyka realizatsii dokhidnoi povedinky domohospodarstva v konteksti suchasnykh tendentsii" [Pragmatics implement profitable behavior of households in the context of contemporary trends]. *Halytskyi ekonomichnyi visnyk*, no. 1(40) (2013): 112-118.

Shcherbal, M. S. "Finansovoye povedeniye domokhozyaystv v usloviyakh krizisa" [The financial behavior of households in crisis]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskiye i sotsialnyye peremeny*, no. 6(112) (2012): 108-115.