

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ*

Канд. техн. наук НАСИБОВ В. Х.

*Азербайджанский научно-исследовательский
и проектно-изыскательский институт энергетики*

E-mail: nvaleh@mail.ru

ESTIMATION OF ENERGY SECURITY OF AZERBAIJAN REPUBLIC WITH DUE ACCOUNT OF TENDENCY INFLUENCE ON INDICATORS' CHANGES

NASIBOV V. Kh.

Azerbaijan Scientific-Research and Design-Prospecting Power Engineering Institute

В статье представлено развитие метода оценки энергетической безопасности с использованием уравнения взаимосвязи индикаторов. Показано, что вместо собственных значений индикаторов в главной диагонали можно использовать функциональную зависимость этих индикаторов от времени.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, метод оценки, индикаторы.

Ил. 12. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

This paper describes a method for assessing the development of the energy security equation using the relationship indicators. It is shown that, instead of the eigenvalues of the diagonal indicators can use these indicators, the functional dependence on the time.

Keywords: energy security, estimation method, indicators.

Fig. 12. Tab. 2. Ref.: 10 titles.

Введение. Проблема энергетической безопасности как составная часть экономической и национальной безопасности в последние годы становится все более актуальной. Она важна как для стран с ограниченными топливно-энергетическими ресурсами, так и для имеющих их в избытке. В последнее время в печати встречается большое количество публикаций, посвященных отдельным аспектам исследования энергетической безопасности: энергетической безопасности как составной части национальной безопасности, энергетической и экономической безопасности, энергетической безопасности и экологической устойчивости, энергетической безопасности и энергоэффективности, устойчивому энергопроизводству и энергетической безопасности [1–4].

По проблемам энергетической безопасности принимаются программы, стратегии и концепции не только в отдельных странах, но также на уровне Европейского союза, СНГ, НАТО, Всемирного экономического форума и специальной комиссии при ООН. Например, в Беларуси в 2005 г.

* Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики. Грант № EIF-BGM-2-BRFTF-1-2012/2013-07/05/1.

впервые в мире была утверждена Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2020 г.

Исследования энергетической безопасности проводятся во многих странах. Наиболее фундаментальные работы в области энергетической безопасности имеются у российских ученых. В [5–7] отмечается, что к проблеме энергетической безопасности осуществляется системный подход, представлены и развиты различные методы оценки энергетической безопасности, как то: нейросетевой анализ, дискриминантный метод, использование теории нечетких множеств, метод секущих плоскостей, когнитивный метод и др. Но основной метод оценки энергетической безопасности – индикативный анализ.

Индикативный анализ. Основой метода индикативного анализа является выбор системы индикаторов энергетической безопасности. Это либо первичные характеристики состояния энергетики, либо синтетические показатели, рассчитанные на основе первичных характеристик. В зависимости от обеспеченности энергоресурсами, состояния энергетических систем, их связи с соседними энергосистемами в разных странах применяются различный состав и разное число индикаторов. Так, если в первой редакции Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденной в 2005 г., было 11 индикаторов, то во второй ее редакции (2007 г.) их уже 12. В энергетической стратегии России на период до 2030 г. для оценки энергетической безопасности используются пять индикаторов, хотя в различных исследованиях рассматриваются десятки, а иногда и сотни индикаторов. В Энергетической стратегии Республики Молдова для обеспечения энергетической безопасности рассматривается расширенный набор индикаторов – 49 [8]. В странах ЕС главный вопрос энергетической безопасности – это топливообеспечение и связанные с ним индикаторы – диверсификация используемых топлив и путей их доставки, применение альтернативных и возобновляемых источников энергии и др. [9].

Как показано в табл. 1, для Азербайджанской Республики выбрано 26 индикаторов, которые сгруппированы в семь блоков. Одной из важных задач энергетической безопасности является определение тенденции изменения индикаторов. При этом для краткосрочных периодов взаимовлияниями индикаторов обычно пренебрегают, но для средне- и долгосрочных это может приводить к существенным искажениям. В статье представлено развитие метода оценки энергетической безопасности на долгосрочную перспективу с учетом взаимовлияния индикаторов [1].

Таблица 1

Номер блока	Наименование индикатора
1	Блок топливообеспечения
	1. Потребление топлива на душу населения
	2. Доля преобладающего вида топлива в общем балансе потребления топлива
	3. Доля произведенного топлива в общем балансе
2	Блок производства энергии
	1. Производство электроэнергии
	2. Доля ГЭС в общей установленной мощности

Номер блока	Наименование индикатора
	3. Доля крупного агрегата в общей установленной мощности
	4. Доля самой крупной станции в общей установленной мощности
	5. Доля электроэнергии с ГЭС
	6. Уровень резерва установленной мощности
3	Блок передачи и распределения электроэнергии
	1. Уровень износа подстанций
	2. Уровень износа трансформаторов
	3. Уровень износа линий электропередачи
	4. Уровень износа выключателей
4	Блок импорта и экспорта электроэнергии
	1. Доля импорта электроэнергии в общей потребленной электроэнергии
	2. Уровень резерва по межсистемным связям
	3. Уровень резерва мощности
5	Блок экологический
	1. Выбросы CO ₂ на единицу сожженного топлива
	2. Выбросы CO ₂ на душу населения
	3. Выбросы CO ₂ на единицу производимой продукции
	4. Выбросы NO ₂ на единицу сожженного топлива
6	Блок потребления
	1. Потребление электроэнергии на душу населения
	2. Энергоемкость экономики
	3. Соотношение стоимости энергоресурсов и душевого дохода населения
7	Блок управления и финансов
	1. Суммарная дебиторская задолженность
	2. Суммарная кредиторская задолженность
	3. Отношение средств, направленных на ТЭК, к общей стоимости ТЭК

Связи между выбранными блоками показаны в табл. 2.

Таблица 2

Индикатор	Блок						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Топливообеспечение	+	+			+	+	+
2. Производство энергии	+	+	+		+		+
3. Передача и распределение электроэнергии		+	+	+	+	+	+
4. Импорт, экспорт энергии	+		+	+		+	+
5. Экология	+	+			+		+
6. Потребление	+		+	+		+	+
7. Управление и финансы	+	+	+	+	+	+	+

Несмотря на то что каждый блок можно представить несколькими важными индикаторами, для удобства формализации задачи от каждого блока выбирается один наиболее ответственный индикатор:

- y_1 – потребление топлива на душу населения;
- y_2 – потребление электроэнергии на душу населения;
- y_3 – уровень технического состояния основного оборудования;

y_4 – уровень резерва мощности;
 y_5 – количество CO_2 на душу населения;
 y_6 – энергоёмкость экономики;
 y_7 – отношение средств, направленных на ТЭК, к общей стоимости ТЭК.

Если задача энергетической безопасности рассматривается как подзадача экономической безопасности, тогда взаимовлияние индикаторов энергетической безопасности определяется решением совместных уравнений всех индикаторов. Если же рассматривать взаимовлияние только индикаторов энергетической безопасности, то можно воспользоваться следующей системой уравнений [8]:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{dy_1}{dt} = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + a_{15}y_5(t) + a_{16}y_6(t) + a_{17}y_7(t); \\
 \frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + a_{25}y_5(t) + a_{26}y_6(t) + a_{27}y_7(t); \\
 \frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + a_{35}y_5(t) + a_{36}y_6(t) + a_{37}y_7(t); \\
 \frac{dy_4}{dt} = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + a_{45}y_5(t) + a_{46}y_6(t) + a_{47}y_7(t); \\
 \frac{dy_5}{dt} = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55} + a_{56}y_6(t) + a_{57}y_7(t); \\
 \frac{dy_6}{dt} = a_{61}y_1(t) + a_{62}y_2(t) + a_{63}y_3(t) + a_{64}y_4(t) + a_{65}y_5(t) + a_{66} + a_{67}y_7(t); \\
 \frac{dy_7}{dt} = a_{71}y_1(t) + a_{72}y_2(t) + a_{73}y_3(t) + a_{74}y_4(t) + a_{75}y_5(t) + a_{76}y_6(t) + a_{77}.
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Составление и решение уравнений в системе MathCad показано в следующих выражениях:

$$D(t, y) := \left(\begin{array}{l}
 0,165 - 0,135y_1 - 0,05y_4 + 0,14y_5 + 0,2Y_6; \\
 0,165y_0 + 0,135 - 0,13y_2 + 0,05y_4 + 0,2y_6; \\
 0,135y_1 + 0,13 + 0,17y_3 + 0,05y_4 + 0,2y_6; \\
 0,135y_1 - 0,13y_2 + 0,17 + 0,2y_6; \\
 0,135y_1 - 0,13y_2 + 0,05 + 0,2y_6; \\
 0,16y_0 + 0,135y_1 + 0,14 + 0,2y_6; \\
 0,165y_0 + 0,135y_1 - 0,13y_2 + 0,17y_3 - 0,05y_4 + 0,14y_5 + 0,2;
 \end{array} \right) \quad (2)$$

При принятых условиях изменения выбранных параметров по годам показаны на рис. 1, 2.

В качестве начальных значений индикаторов, входящих в систему уравнений 1, принимаются значения индикаторов на текущий год:

$$Y_{10} = 0,165; Y_{20} = 0,135; Y_{30} = 0,13; Y_{40} = 0,17; Y_{50} = 0,05; Y_{60} = 0,14; Y_{70} = 0,2.$$

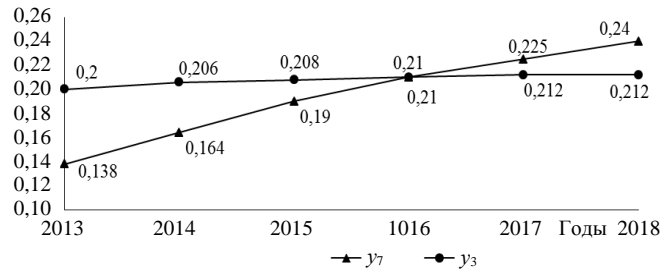


Рис. 1. Тенденция изменения индикаторов y_7, y_3

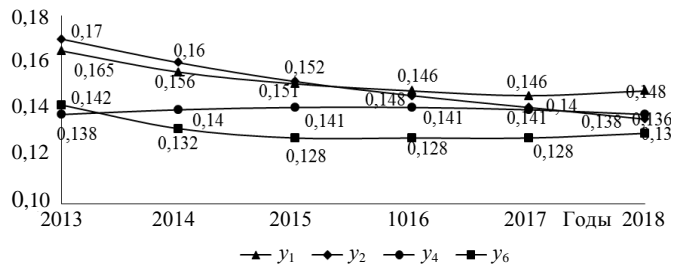


Рис. 2. Тенденция изменения индикаторов y_1, y_2, y_4, y_6

Следует отметить, что значение индикатора главной диагонали системы уравнений (2) является текущим относительным весом индикатора в энергетической безопасности. Но известно, что изменение каждого индикатора по годам зависит и от множества других разнообразных факторов. Для учета этих зависимостей можно построить функциональную зависимость изменения индикатора от времени согласно ретроспективным данным индикатора и использовать полученную функциональную зависимость вместо собственных значений индикаторов в главной диагонали. Динамика изменения выбранных индикаторов за последние годы и их аппроксимирующие зависимости показаны на рис. 3–9 [10]. После учета в главной диагонали динамики изменения факторов система уравнений (2) примет вид (3).

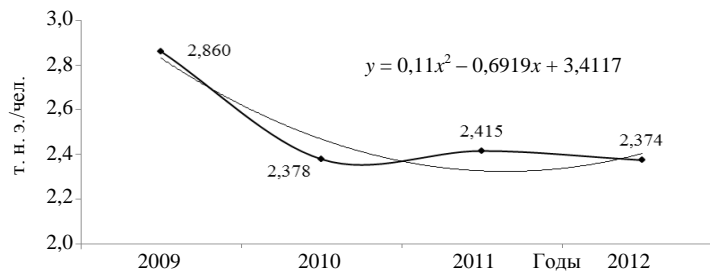


Рис. 3. Потребление топлива на душу населения

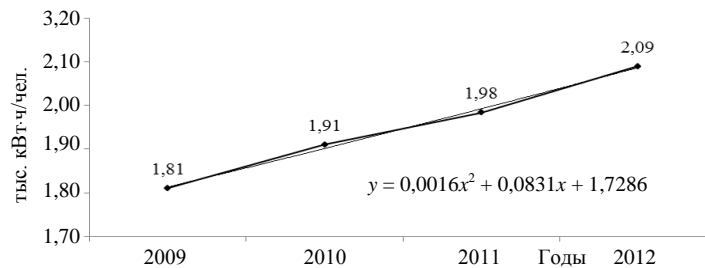


Рис. 4. Потребление электроэнергии на душу населения

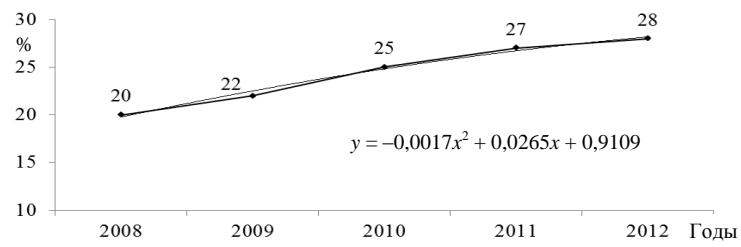


Рис. 5. Резерв мощности

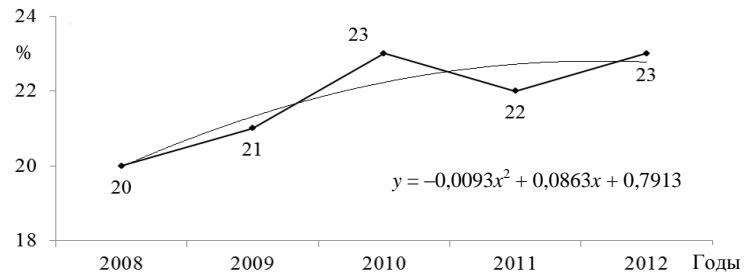


Рис. 6. Состояние основного оборудования

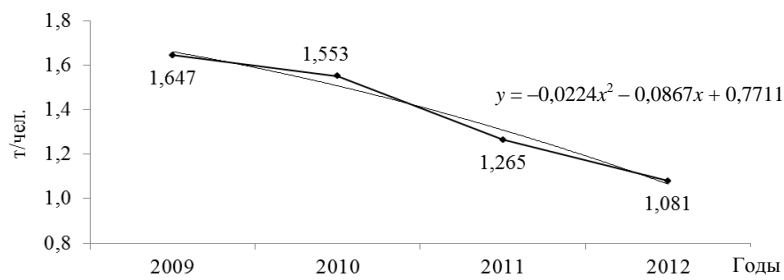


Рис. 7. Количество CO₂ на душу населения

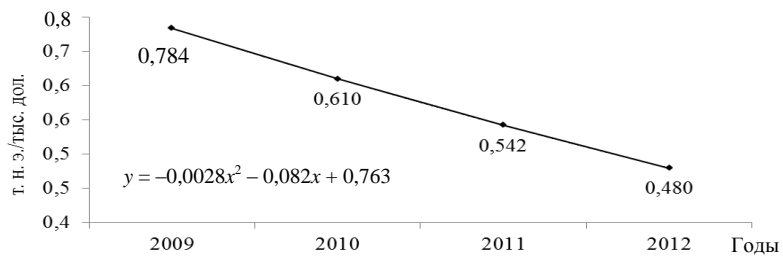


Рис. 8. Энергоемкость экономики

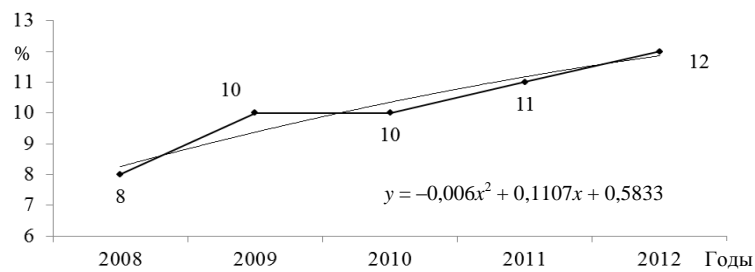


Рис. 9. Средства, направленные на ТЭК

Результаты расчетов выбранных по годам индексов приведены на рис. 10–12. Как видно из рисунков, при учете ретроспективных значений индикаторов, наряду с индикаторами технического состояния основного оборудования и объема средств, направляемых на ТЭК, индикатор потребления топлива выступает в качестве наиболее ответственного индикатора энергетической безопасности:

$$\begin{aligned}
 D(t, Y) := & \left[\frac{[0,11(t+5)^2 - 0,691(t+5) + 3,411]}{2,706} - 0,135Y_1 - 0,05Y_4 + 0,14Y_5 + 0,2Y_6; \right. \\
 & 0,165Y_0 + \frac{[0,0001(t+5)^2 - 0,06(t+5) + 1,758]}{2,3061} - \\
 & \quad \left. - 0,13Y_2 + 0,05Y_4 + 0,2Y_6; \right. \quad (3) \\
 & 0,135Y_1 + [-0,009(t)^2 + 0,086(t) + 0,791] + 0,17Y_3 + 0,05Y_4 + 0,2Y_6; \\
 & 0,135Y_1 - 0,13Y_2 + [-0,001(t)^2 + 0,026(t) + 0,91] + 0,2Y_6; \\
 & -0,135Y_0 - 0,13Y_2 + \frac{[-0,0022(t+6)^2 - 0,086(t+6) + 1,771]}{1,1758} + 0,2Y_6; \\
 & -0,165Y_0 + 0,135Y_1 + \frac{[0,0028(t+5)^2 - 0,082(t+5) + 0,763]}{0,423} + 0,2Y_6; \\
 & 0,165Y_0 + 0,135Y_1 - 0,13Y_2 + 0,17Y_3 - 0,05Y_4 + 0,14Y_5 + \\
 & \quad \left. + [-0,006(t)^2 + 0,11(t) + 0,583]. \right]
 \end{aligned}$$

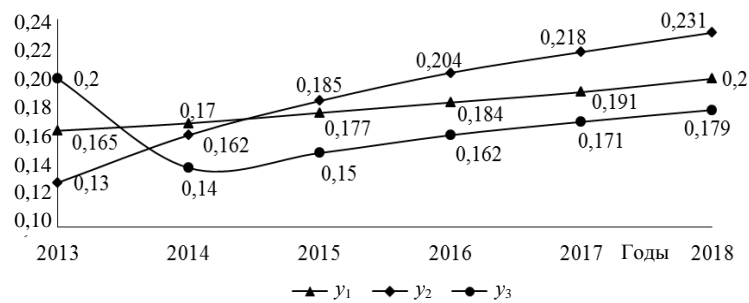


Рис. 10. Тенденция изменения индикаторов y_1, y_2, y_3

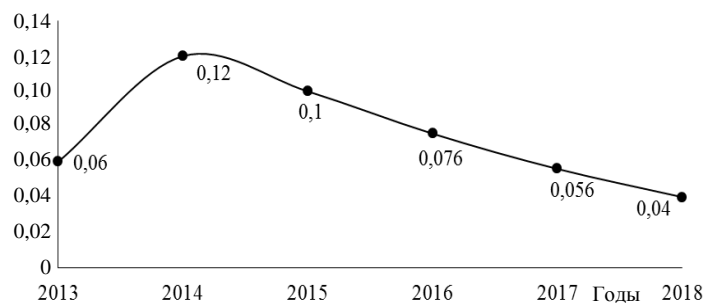


Рис. 11. Тенденция изменения индикатора y_5

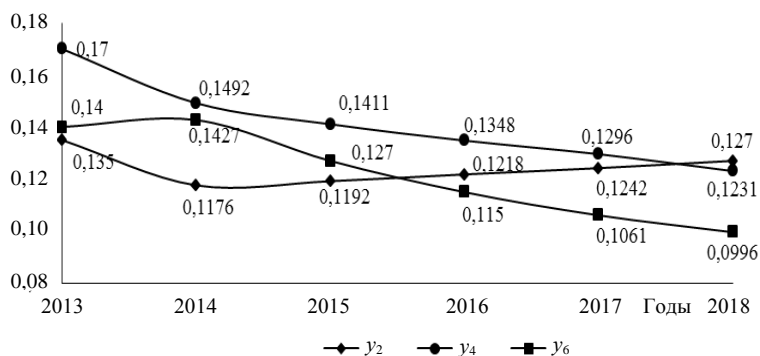


Рис. 12. Тенденция изменения индикаторов y_2 , y_4 , y_6

ВЫВОДЫ

1. При решении долгосрочных задач энергетической безопасности можно воспользоваться уравнениями взаимосвязей систем индикаторов. При этом расчетные значения индикаторов показывают их собственный вес в энергетической безопасности.

2. При неучете ретроспективных значений индикаторов наиболее ответственными индикаторами энергетической безопасности для Азербайджанской Республики являются индикаторы «Техническое состояние основного оборудования» и «Объем средств, направляемых на ТЭК», а при учете, наряду с ними, и «Потребление топлива».

ЛИТЕРАТУРА

1. Nasibov, V. Kh. The Structural Analysis of Power Engineering for Energy Security Study / V. Kh. Nasibov // ICTPE-2012 Forth International Conference on Tedinical and Physical Problems of Power Engineering, Fredrikstad, Norway, Sep. 5–7, 2012.
2. Михалевич, А. А. Состояние и основные направления укрепления энергетической безопасности Республики Беларусь / А. А. Михалевич // Сборник трудов Междунар. конф. «Энергетика Молдовы-2005», 21–24 сент., Кишинев, Молдова, 2005. – С. 54–59.
3. E n e r g y Indicators in New Zealand // Ministry of Economic Development. – Wellington, 2006. – 74 p.
4. В о п р о с ы энергетической безопасности // Доклад № 36110. – Группа Всемирного банка, 2005. – 26 с.
5. Э н е р г е т и ч е с к а я безопасность России / В. В. Бушуев [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. – 302 с.
6. В л и я н и е энергетического фактора на экономическую безопасность регионов России / В. Г. Благодатских [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1998. – 195 с.
7. С о с т о я н и е и перспективы развития экономики России и Республики Азербайджан в рамках Союзного государства / Коллектив авторов; под ред. А. И. Татаркина, А. А. Куклина. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2001. – 535 с.
8. Б ы к о в а, Е. В. Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности / Е. В. Быкова. – Кишинев, 2005. – 158 с.
9. J e w e l l, J. The IEA Model of Short-Term Energy Security (MOSES). Primary Energy Sources and Secondary Fuels / J. Jewell // International Energy Agency. – 2011.
10. О т ч е т ы «Азербэнежи» за 2002–2012 гг.

REFERENCES

1. N a s i b o v, V. Kh. The Structural Analysis of Power Engineering for Energy Security Study / V. Kh. Nasibov // ICTPE-2012 Forth International Conference on Tedinical and Physical Problems of Power Engineering, Fredrikstad, Norway, Sep. 5–7, 2012.
2. M i k h a l e v i c h, A. A. State and Main Directions on Strengthening of Energy Security of the Republic of Belarus / A. A. Mikhalevich // Proceedings of International Conference “Power Engineering in Moldova-2005”, Sep., 21–24, Kishinev, Moldova, 2005. – P. 54–59.
3. E n e r g y Indicators in New Zealand // Ministry of Economic Development. – Wellington, 2006. – 74 p.
4. P r o b l e m s of Energy Security // Report No 36110. – World Bank Group, 2005. – 26 p.
5. E n e r g y Security of Russia / V. V. Bushuev [et al.]. – Novosibirsk: Science. Siberia Publishing Company RAS (Russian Academy of Sciences), 1998. – 302 p.
6. I n f l u e n c e of Energy Factor on Economic Security of Russian Regions / V. G. Blagodatskikh [et al.]. – Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 1998. – 195 p.
7. E c o n o m i c Situation and Prospects of Its Development in Russian and the Republic of Azerbaijan within the Framework of the Union State / Team of Authors, Edited by A. I. Tatarkin, A. A. Kuklin. – Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2001. – 535 p.
8. B y k o v a, E. V. Methods for Calculation and Analysis of Energy Security Indices / E. V. Bykova. – Kishinev, 2005. – 158 p.
9. J e w e l l, J. The IEA Model of Short-Term Energy Security (MOSES). Primary Energy Sources and Secondary Fuels / J. Jewell. – International Energy Agency. 2011.
10. “A z e r e n e r j i” Reports for 2002–2012.

Поступила 29.10.2013