

ЭНЕРГО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Ю.В. Румянцев

*Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики
имени академика Е.И. Забабахина», г. Снежинск*

В статье анализируется ситуация эколого-строительного риска с системных позиций. Реализация стратегий градостроительного развития поселений порождает разнонаправленную производственную деятельность людей. Важнейшим параметром возводимых (реконструируемых или эксплуатируемых) при этом искусственных сооружений является их конструкционная безопасность – как свойство безаварийной эксплуатации в течение проектного срока. Абсолютная безопасность градостроительных систем недостижима в принципе, поэтому строительство, реконструкция и эксплуатация всегда сопряжены с многочисленными рисками. С целью достижения приемлемого для общества уровня таких рисков осуществляется целый комплекс превентивных мероприятий и регулируются параметры производственных процессов – всё с соответствующими затратами. Автор пришел к выводу: при планировании и реализации природно-гармонизированной градостроительной деятельности необходимо и достаточно особым образом совместно с параметрами риска строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений отслеживать параметры состояния элементов экосистемы-донора. В этом случае появляется возможность оценить степень реальной управляемости территорий городских поселений в проекции на главную стратегическую цель градостроительного развития в контексте ситуации риска, описанной выше – обеспечения выживания людей на территориях городских поселений на основе паритетных отношений с природной средой.

Вопрос нормирования эколого-строительной негэнтропии будет рассмотрен автором в последующих публикациях, поскольку требует особого внимания.

Ключевые слова: градостроительные системы; экологические системы, энерго-информационное взаимодействие.

Период с конца XX века по настоящее время характеризуется ускоренным изменением климатической системы Земли. На антропогенную активность накладываются геофизические и космопланетарные факторы, устанавливающие новый тип биосферного равновесия. По ряду прогнозных оценок климатически оптимальная зона должна сформироваться к середине XXI века на территории Сибири, что уже начинает учитываться в противоборствующих геополитических планах России, США и Западно-Европейских стран. На фоне роста числа катастроф различного генезиса ожидается рост градостроительной активности на неосвоенных и малонаселённых территориях России. В связи с этим возникает необходимость в новых экономических и административных механизмах управления, базирующихся на новых приоритетных факторах. Прежде всего, это гармонизация отношений с Природой и изменение главного критерия развития в виде повышения уровня жизни (потребления) на новый – обеспечение выживания. Мегаполисная деурбанизация потребует технически безопасного градостроительного освоения экологически чистых селитебных территорий в условиях нового императива – недопущения концентрации собственности и превышения хозяйственной емкости биосферы за счёт разрушения ее природных биологических циклов.

Саморегуляция и выживание экосистем обеспечивается контурами отрицательных обратных связей. Традиционная же экономическая деятельность людей, ведущая к росту производства за счёт искусственного стимулирования потребностей, насыщена разрушительными контурами положительной обратной связи. Такое противоречие обусловлено тем, что денежная экономическая система постоянно генерирует несоответствия техногенных систем законам Природы. Такое противоречие требует скорейшего разрешения. В данной статье описан один из возможных вариантов решения названной проблемы.

Введём три новых понятия.

1. Эколого-строительная система – совокупность Градостроительной системы и её Экологической системы – донора. Под градостроительной системой здесь понимается локализованная во времени и пространстве совокупность искусственных сооружений, проектируемых, строящихся и эксплуатируемых как потребительский продукт, обладающий системными свойствами целесообразности, целостности, эмерджентности, организованности, структурности, функциональности и устойчивости. Донорская Экосистема – это взаимодействующий с градостроительной системой-акцептором естественно-природный ареал, представляющий собой обладающую системными

свойствами совокупность экосистем меньшего масштаба.

2. Эколого-строительная безопасность – это состояние защищённости территории эколого-строительной системы от неприемлемых последствий аварий зданий и сооружений, а также от недопустимых отклонений состояния донорской экосистемы от нормативного уровня.

3. Эколого-строительный риск – состояние угрозы нарушения эколого-строительной безопасности, характеризующееся вероятностью возникновения и величиной соответствующего ущерба.

Анализ эколого-строительных систем позволяет выделить в них следующие энергетические контуры (рис. 1):

1) $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ (изготовление средств труда для извлечения природных ресурсов, расходуемых на создание и содержание искусственной среды обитания);

2) $1 \rightarrow (2+3) \rightarrow 4$;

3) $1 \rightarrow (2+3+4) \rightarrow 5$;

4) $1 \rightarrow 2 \rightarrow 6$ (изготовление средств труда для извлечения природных ресурсов, расходуемых на создание потребительской массы внутри искусственной среды обитания);

5) $1 \rightarrow (6+2) \rightarrow 7$;

6) $1 \rightarrow (6+2+7) \rightarrow 8$.



Рис. 1. Элементы энергетических контуров эколого-строительной системы

Из контуров 1...6 образуется замкнутый энергетический контур:

$$1 \rightarrow ((2+(2+3)+(2+3+4))+(2+(6+2)+(6+2+7))) \rightarrow (5+8) \rightarrow 1 \quad (1)$$

Структура контура (1) говорит о том, что традиционная экономическая модель развития поселений *a-priori* предполагает широко разнесённое во времени, шестикратное энергетическое воздействие на природную среду, при этом всё время осуществляемое разными людьми. Причём, с каждым новым реализуемым планом градостроительного развития мощность деструктивных воздействий на донорскую экосистему возрастает. Такое

рассогласованное энергетическое воздействие на экосистему компенсировать невозможно в принципе, поскольку:

1) рассматриваемая энергия является «грязной» – за счёт энтропийных выбросов на всех шагах интегрального контура, его финальные звенья 5 и 8 превращаются в концентраторы и источники постоянно увеличивающегося энтропийного загрязнения среды обитания;

2) техническими аналогами природных неэнтропийных процессов современная цивилизация не располагает, поэтому в энергетическом контуре действует сильная положительная обратная связь, неизбежно ведущая к разрушению как самих строительных объектов, так и к гибели экосистемы поселения;

3) в градостроительной деятельности принимает участие большое число людей, при этом в различные интервалы времени, что обуславливает рассогласование управления по целям, критериям и ограничениям, внося ещё больший хаос (энтропию) в экосистему;

4) рост сложности градостроительных систем не компенсируется неэнтропией управляющих систем, развитие которых безнадежно отстаёт от объективных требований по их усложнению и совершенствованию в условиях непрерывно ухудшающейся ситуации риска.

Проанализируем ситуацию эколого-строительного риска с системных позиций. Реализация стратегий градостроительного развития поселений порождает разнонаправленную производственную деятельность людей. Важнейшим параметром возводимых (реконструируемых или эксплуатируемых) при этом искусственных сооружений является их конструкционная безопасность – как свойство безаварийной эксплуатации в течение проектного срока. Абсолютная безопасность градостроительных систем недостижима в принципе, поэтому строительство, реконструкция и эксплуатация всегда сопряжены с многочисленными рисками. С целью достижения приемлемого для общества уровня таких рисков осуществляется целый комплекс превентивных мероприятий и регулируются параметры производственных процессов [1] – всё с соответствующими затратами. Параллельно, автоматически осуществляется воздействие на все компоненты экосистем как в самой черте города, так и на прилегающей к нему обширной донорской территории. Это создаёт фон постоянного разрушительного воздействия на все элементы экосистем. Устойчивость экосистем по отношению к разрушительным воздействиям нелинейна, все взаимосвязи отследить не представляется возможным даже теоретически, поэтому изменение параметров состояний элементов экосистем для исследователя носит стохастический характер.

Деструктивное изменение параметров экосистем влечёт за собой изменение геологических и

водных условий, возникают множественные положительные обратные связи. Наиболее опасна массовая вырубка лесов, которая всегда сопровождает градостроительную деятельность. Многоярусный лес является природным феноменом, негэнтропийные воздействия которого на окружающее пространство и человека известны с древних времён. Имитация лесной экосистемы городскими парками, скверами и прочими локальными насаждениями с низкими степенями симметрии и без учёта геопатогенных зон проблему городской экологии решить не в состоянии.

На фоне такой обстановки у людей резко ухудшается общее состояние, биохимические процессы меняют своё направление на разрушительное, появляются новые болезни, наблюдается рост психических заболеваний, растёт усталость, раздражение, агрессия, усложняются межличностные отношения, ускоряется старение, ухудшается память, страдает высшая нервная деятельность в целом. Всё это напрямую влияет на производственную деятельность людей, резко снижая эффективность управленческих воздействий и повышает вероятность различных случайных и непреднамеренных ошибок. Согласно же проведённым исследованиям [1] главным источником риска при осуществлении градостроительной деятельности являются именно человеческие ошибки. Они ведут к формированию совокупности дефектов изделий, материалов и конструкций, которая может достичь критической величины и явиться причиной как локальных снижений конструкционной безопасности (прочности, надёжности, устойчивости), так и катастрофического разрушения строительного объекта, например, при чрезвычайных внешних нагрузках. В такой ситуации даже считающийся выдающимся достижением современной процессный подход к управлению и его «вершина» в виде сертифицированной системы обеспечения качества предприятий оказываются беспомощными, поскольку энергетический контур (1) замыкается, открывая поток накопленной энтропии на население. То есть большинство так называемых «техногенных» рисков в действительности обусловлены человеческим фактором – случайными ошибками людей, то есть имеют совершенно иную природу. Распределение вероятностей таких ошибок всегда напрямую зависит от параметров состояния конкретного индивида, которые в свою очередь зависят от параметров состояния экосистемы его существования. Следует отметить, что современная наука в состоянии отследить лишь небольшое число взаимодействий внутри гео-экосистем, которые можно измерить количественно в ходе экспериментов. Однако косвенное влияние факторов геологического и космо-происхождения на человека признано повсеместно.

Из вышеизложенного следует важный вывод: при планировании и реализации природно-

гармонизированной градостроительной деятельности необходимо и достаточно особым образом совместно с параметрами риска строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений отслеживать параметры состояния элементов экосистемы-донора. В этом случае появляется возможность оценить степень реальной управляемости территорий городских поселений в проекции на главную стратегическую цель градостроительного развития в контексте ситуации риска, описанной выше – обеспечения выживания людей на территориях городских поселений на основе паритетных отношений с природной средой.

За основу отражения энергетических процессов в контуре (1) автор предлагает принять логико-вероятностную модель накопления относительного риска R в эколого-строительной системе. Идея использования R при оценке уровней безопасности зданий и сооружений впервые была высказана А.П. Мельчаковым [1], который теоретически обосновал необходимость перехода в данном случае от абсолютных показателей риска к относительным. Использование данного подхода позволяет использовать одни и те же параметры при оценке и нормировании безопасности таких на первый взгляд разнородных объектов как здания и экосистемы. Для этого их необходимо представить в одном и том же структурном виде – в виде иерархических графов «И-ИЛИ» – с использованием правил системной теории надёжности (рис. 2).

В этом случае правило свёртки риска аварии на графе здания имеет вид [1]:

$$R_b = R_{b_0}(R_{b_1} + R_{b_2} + \dots + R_{b_i} + \dots + R_{b_m}), \quad (2)$$

$$R_{b_0} = 1/(p_{b_{01}}p_{b_{02}} \dots p_{b_{0j}} \dots p_{b_{0v}}),$$

$$R_{b_i} = 1/(p_{b_{i1}}p_{b_{i2}} \dots p_{b_{ij}} \dots p_{b_{ik_i}}).$$

где $p_{b_{0j}}$ – средний уровень качества однородных несущих конструкций нулевого цикла ($j = 1, 2, \dots, v$; v – число групп таких конструкций), $p_{b_{ij}}$ – средний уровень качества однородных несущих конструкций i -го этажа ($j = 1, 2, \dots, k_i$); k_i – число групп таких конструкций).

Свёртка риска для экосистемы будет иметь вид, аналогичный (2), но компоненты формул изменятся:

$$R_e = R_{e_0}(R_{e_1} + R_{e_2} + \dots + R_{e_i} + \dots + R_{e_m}), \quad (3)$$

$$R_{e_0} = 1/(p_{e_{01}}p_{e_{02}} \dots p_{e_{0j}} \dots p_{e_{0v}}),$$

$$R_{e_i} = 1/(p_{e_{i1}}p_{e_{i2}} \dots p_{e_{ij}} \dots p_{e_{ik_i}}).$$

где $p_{e_{0j}}$ – средний уровень экологической надёжности однородных элементов среди детритофагов и редуцентов ($j = 1, 2, \dots, v$; v – число групп таких элементов), $p_{e_{ij}}$ – средний уровень экологической надёжности i -го трофического уровня ($j = 1, 2, \dots, k_i$; k_i – число групп таких элементов).

Для графа, не учитывающего связи с детритофагами и редуцентами, формула итогового показателя относительного риска отказа экосистемы упрощается до вида $R_e = R_{e_1} + R_{e_2} + \dots + R_{e_i} + \dots + R_{e_m}$.

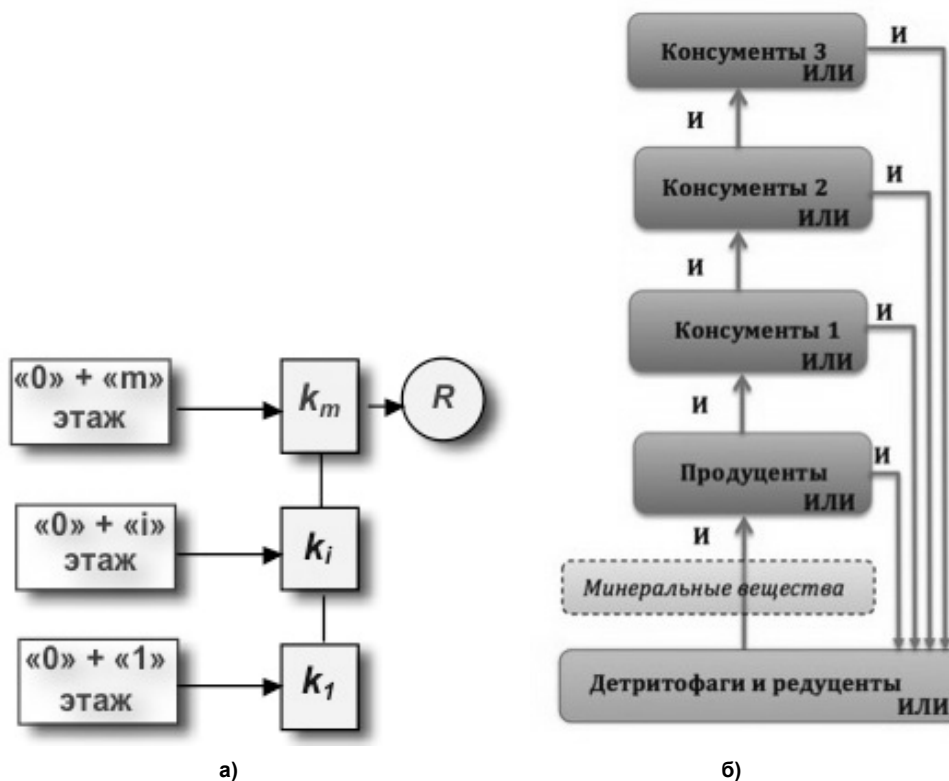


Рис. 2. Графы системной надёжности здания (а) и экосистемы (б)

Сущностью экспертных оценок уровней надёжности pb_{0j} , pb_{ij} , pe_{0j} и pe_{ij} является выявление слабых звеньев, связанных логикой «ИЛИ» (см. рис. 2), с последующей числовой оценкой степени их соответствия требованиям норм. Уровни соответствия «слабых» элементов принимаются за выборочные показатели безопасности, а функции плотности вероятностей соответствия остальных – за интегральные. Минимумы этих функций равны, а их конкретный вид зависит от текущего состояния исследуемой системы, а именно – степени её деградации. Далее, по плотности вероятности определяются матожидания pb_{0j} , pb_{ij} , pe_{0j} и pe_{ij} . Для этого используются правила нечёткой логики: задействуется лингвистическая переменная и задаются уровни ответственности слабого элемента, в соответствии с которыми назначается соответствующий параметр p – в диапазоне от $]0,5; 1[$ (подробно методика изложена в [2]).

Поскольку территориальное суммирование относительных рисков как для строительных объектов, так и для экосистем невозможно ввиду совместности соответствующих событий, необходим переход к аддитивной форме представления риска – в виде энтропийных характеристик. Прямой расчёт энтропии как функции состояний эколого-строительной системы является весьма сложной задачей. Однако, ввиду того, что, во-первых, степень корреляции относительных рисков Rb , Re и термодинамической энтропии соответствующих

систем достигает практически 100 %, а во-вторых, с учётом существования теснейшей связи между термодинамической и информационной энтропией [3], в качестве аддитивной формы представления риска будем использовать информационную энтропию. Для её расчёта необходимо применить единый подход, суть которого связана с применением метода Монте-Карло для формирования массивов статистических данных:

1) фактических, нормативных, предельно допустимых и максимально возможных уровней надёжности несущих конструкций – согласно закону распределения для конкретного объекта строительства и дальнейшего расчета соответствующих относительных рисков аварии;

2) фактических, нормативных и максимально возможных значений уровней надёжности элементов экосистемы – согласно закону распределения для конкретной экосистемы и дальнейшего расчета соответствующих относительных рисков возникновения её бедственного состояния.

Далее полученные массивы используются для расчета соответствующих значений фактической, нормативной и максимально возможной энтропии относительного риска аварии строительных объектов и относительного риска экологического бедствия по формулам Шеннона:

$$S_f = - \sum_i P(A_i^f) \log_2 P(A_i^f),$$

$$S_n = - \sum_i P(A_i^n) \log_2 P(A_i^n),$$

$$S_{\text{lim}} = -\sum_i P(A_i^{\text{lim}}) \log_2 P(A_i^{\text{lim}}),$$

$$S_{\text{max}} = -\sum_i P(A_i^{\text{max}}) \log_2 P(A_i^{\text{max}}) \pm ,$$

где $P(A_i^{\text{f,n,lim,max}})$ – вероятности событий, заключающихся в том, что значения R_f , R_n , R_{lim} или R_{max} попали в i -й диапазон значений; $i = 1 \dots n$, где n – число интервалов разбиения диапазона значений случайной величины (число столбцов гистограммы – параметр определяется эмпирически).

Для зданий и сооружений методика расчёта S_n , S_{lim} и S_{max} описана в работе [3] и без изменений использована в данной работе.

Одинаковый подход к определению относительного риска возникновения ситуации экологического бедствия и относительного риска аварии зданий и сооружений позволяет использовать одни и те же приёмы расчёта S_f , S_n и S_{max} .

Негэнтропия рассматриваемых систем (градостроительной и экологической) рассчитывается по формуле:

$$G = S_{\text{max}} - S_f,$$

где S_{max} – максимально возможная энтропия.

Итоговые формулы для расчёта суммарной (по градостроительной (индекс b) и экологической (индекс e) системам в целом) фактической и нормативной энтропии имеют следующий вид:

$$G_{\Sigma}^f = \sum_{i=1}^n (S_{\text{max}}^e)_i - (S_f^e)_i + \sum_{j=1}^m (S_{\text{max}}^b)_j - (S_{f(\text{lim})}^b)_j = \sum_{i=1}^n (G_f^e)_i + \sum_{j=1}^m (G_{f(\text{lim})}^b)_j$$

Румянцев Юрий Владимирович. Заместитель директора по производству продукции гражданского назначения, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина» (г. Снежинск), Ryv19710615@gmail.ru

Поступила в редакцию 11 января 2015 г.

ENERGY-INFORMATION INTERACTION OF TOWN-PLANNING AND ECOLOGICAL SYSTEMS: ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL

Yu.V. Rumyantsev

Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russian Federation

The author analyzes the situation of ecological and construction risk from system positions. The implementation of strategies for architectural development of settlements generates diverse production activities of people. The most important parameter of constructed (reconstructed or exploited) at the same time man-made structures is their structural safety as the property of trouble-free operation during the project period.

$$G_{\Sigma}^n = \sum_{i=1}^n (S_{\text{max}}^e)_i - (S_n^e)_i + \sum_{j=1}^m (S_{\text{max}}^b)_j - (S_n^b)_j = \sum_{i=1}^n (G_n^e)_i + \sum_{j=1}^m (G_n^b)_j,$$

где n – число принятых в расчётной модели локальных экосистем, входящих в глобальную экосистему-донор; m – число принятых в расчётной модели зданий и сооружений.

Вопрос нормирования эколого-строительной негэнтропии будет рассмотрен авторами в последующих публикациях, поскольку требует особого внимания.

Нормативная G_{Σ}^n и фактическая G_{Σ}^f негэнтропия эколого-строительной системы являются товарным эквивалентом её безопасности и могут использоваться в системах экономического регулирования градостроительного развития по критерию эколого-строительной безопасности.

Литература

1. Мельчаков, А.П. *Технология обеспечения конструктивной безопасности строящихся зданий и сооружений* / А.П. Мельчаков, К.Э. Габрин // *Известия вузов. Строительство.* – 2000. – № 2–3. – С. 114–117.
2. Мельчаков, А.П. *Город – место надёжных и безопасных сооружений* / А.П. Мельчаков, Н.Н. Никонов, В.Н. Рудин // *Градостроительство.* – 2011. – № 5, 6.
3. Коротаев, С.М. *Энтропия и информация – универсальные естественнонаучные понятия* / С.М. Коротаев. – М.: Web-Институт исследований природы времени. – http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/korotaev_entropia/korotaev_entropia.htm (дата обращения: 15.04.2014).

The absolute safety of architectural systems is unachievable in principle. Therefore, construction, reconstruction and operation always involve numerous risks. In order to achieve an acceptable for the society level of risks a whole range of preventive measures is taken, and the parameters of industrial processes are regulated, all with associated costs.

The author has come to a conclusion that when planning and realizing natural and harmonized town planning activities it's necessary and sufficiently in a special way together with the risk parameters of built, exploited and renovated buildings and structures to monitor parameters of the state of the ecosystem-donor elements. In this case it's possible to assess the extent of actual controllability of territories in urban settlements in the projection of a main strategic aim of urban development in the context of the risk situation, described above - to ensure the survival of people in the territories of urban settlements on the basis of an equal relationship with the natural environment.

The issue of normalization of ecological construction negentropy will be considered by the author in subsequent publications, as it requires special attention.

Keywords: town-planning systems, ecological systems, energy-information interaction.

References

1. Mel'chakov A.P., Gabrin K.E. [Technology of Providing Structural Safety of Buildings and Structures]. *Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo* [Proceedings of Universities. Construction], 2000, no. 2–3, pp. 114–117. (in Russ.)
2. Mel'chakov A.P., Nikonov N.N., Rudin V.N. [City is a Place of Reliable and Safe Structures]. *Gradostroitel'stvo* [Town planning], 2011, no. 5, 6. (in Russ.)
3. Korotaev S.M. *Entropiya i informatsiya – universal'nye estestvennonauchnye ponyatiya* [Entropy and Information – Universal Natural Science Notions]. Moscow. Available at: http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/korotaev_entropia/korotaev_entropia.htm (accessed 15.04.2014).

Rumyantsev Yury Vladimirovich. Head of the director for production of civilian industry products, Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Ryv19710615@gmail.ru

Received 11 January 2015

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Румянцев, Ю.В. Энерго-информационное взаимодействие градостроительных и экологических систем: экономико-математическая модель / Ю.В. Румянцев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2015. – Т. 9, № 2. – С. 142–147.

REFERENCE TO ARTICLE

Rumyantsev Yu.V. Energy-Information Interaction of Town-Planning and Ecological Systems: Economic and Mathematical Model. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2015, vol. 9, no. 2, pp. 142–147. (in Russ.)