

Е.В. Зырянова

(Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики;
e-mail: keyvezed@mail.ru)

ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Предлагается методика оценки качества проведения экологической экспертизы с применением нечёткой математической модели с балльной шкалой.

Ключевые слова: оценка качества, экологическая экспертиза, нечёткая математическая модель, санитарно-защитная зона.

E.V. Zyryanova

ABOUT THE QUALITY OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

The methods of the assessment of environmental impact quality with application of fuzzy mathematical model with a point scale are offered in this article.

Key words: quality assessment, environmental assessment, indistinct mathematical model, sanitary protection zone.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 18 мая 2016 г.

Введение

Экологическая экспертиза (ЭЭ) является одним из наиболее эффективных инструментов для подготовки принятия управленческих решений и оценки полноты и достоверности информации в области экологической безопасности. Именно поэтому деятельность, относящаяся к ЭЭ, должна быть тщательно организована и проконтролирована, для чего необходима оценка качества проведения ЭЭ.

Для решения задач, связанных с охраной окружающей среды, в том числе для оценки качества ЭЭ, применение традиционных математических методов не всегда возможно, поскольку они не позволяют обрабатывать нечисловую и нечёткую информацию, а также устанавливать причинно-следственные связи между лингвистическими параметрами. Применение нечётких множеств, лингвистических переменных и нечёткого моделирования является наиболее эффективным для оценки качества ЭЭ.

Методика оценки качества ЭЭ

Предлагаемая методика оценки качества ЭЭ базируется на нечёткой математической модели с балльной шкалой [1], позволяющей получить результат в виде нечёткого лингвистического термина, который дает качественную характеристику искомой оценки на основании результатов опроса специалистов, проводящих оценку качества ЭЭ. Блок-схема методики оценки качества ЭЭ представлена на рис. 1.

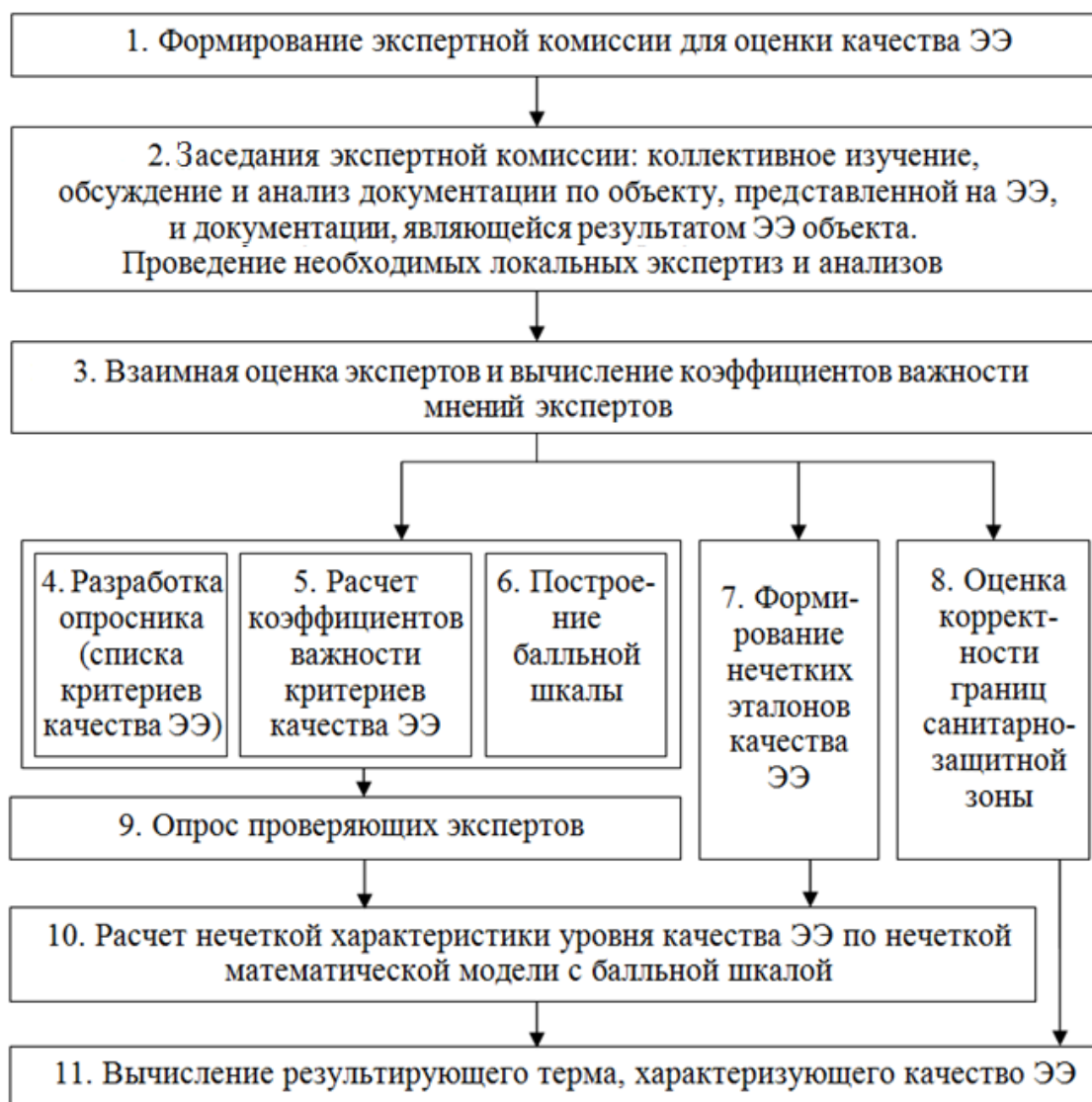


Рис. 1. Блок-схема методики оценки качества ЭЭ

1. Формирование экспертной комиссии для оценки качества ЭЭ

Составление списка кандидатов в экспертную комиссию по оценке качества ЭЭ проводится методом "снежного кома" [2]. Каждый из специалистов в области ЭЭ, попавший в совокупность кандидатов в экспертную комиссию, оценивается по алгоритму оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ. В экспертную комиссию по оценке качества ЭЭ предлагается включать экспертов, имеющих по результатам оценки уровень квалификации не ниже "неизменный уровень квалификации эксперта". Эксперт, получивший самую высокую оценку квалификации, назначается председателем экспертной комиссии.

2. Заседания экспертной комиссии, так же, как и методы, используемые для получения экспертами выводов о соответствии ЭЭ тому или иному критерию качества, алгоритмом не регламентируется.

3. Взаимная оценка экспертов

Для определения коэффициентов важности мнений экспертов применяется метод взаимных оценок членов экспертной комиссии. Для этого проводится оценка каждого эксперта комиссии каждым из остальных экспертов комиссии, исключая самооценку, по алгоритму оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ.

Получаются результаты взаимной оценки экспертов в виде матрицы $V = (v_{ij})$, элементами которой являются термы лингвистической переменной "Квалификация эксперта ЭЭ".

Спроецируем лингвистические термы матрицы взаимных оценок $V = (v_{ij})$ на числовую шкалу следующим образом:

- очень низкая квалификация эксперта $\rightarrow 1$;
- низкая квалификация эксперта $\rightarrow 2$;
- средняя квалификация эксперта $\rightarrow 3$;
- неизменная квалификация эксперта $\rightarrow 4$;
- нормальная квалификация эксперта $\rightarrow 5$;
- высокая квалификация эксперта $\rightarrow 6$;
- очень высокая квалификация эксперта $\rightarrow 7$.

Коэффициенты важности мнений экспертов группы W_i рассчитываются по формуле

$$W_i = \sum_{j=1}^N v_{ij},$$

где N – количество членов экспертной комиссии.

Далее осуществляется их нормализация по формуле

$$\tilde{W}_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

таким образом, чтобы выполнялось условие

$$\sum_{i=1}^N \tilde{W}_i = 1.$$

Полученные коэффициенты важности мнений экспертов позволят придать больший вес мнениям более квалифицированных членов комиссии при оценке качества ЭЭ.

4. Разработка опросника

Экспертной комиссией разрабатывается список критериев качества ЭЭ. Его представляют в виде опросника, содержащего следующие разделы [3]:

- соответствие Федеральному закону "Об экологической экспертизе";
- соответствие "Положению о порядке проведения экологической экспертизы";

- выполнение "Регламента проведения государственной экологической экспертизы";
- правильность оценки воздействия объекта ЭЭ на окружающую среду;
- соблюдение Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности;
- соблюдение кодексов РФ и других федеральных законов;
- соблюдение указов Президента РФ в области экологической безопасности;
- соблюдение постановлений Правительства РФ в области экологической безопасности;
- соблюдение международных соглашений в области экологической безопасности;
- выполнение нормативных документов министерств, участвующих в управлении системой "Охрана окружающей среды";
- соблюдение СП и СНиП, касающихся деятельности объекта ЭЭ и экологической безопасности;
- соблюдение ГОСТов и ОСТов, касающихся деятельности объекта ЭЭ и экологической безопасности;
- соблюдение других нормативных документов: правил, методических указаний, методик расчёта, инструкций в области ЭЭ и экологической безопасности;
- соблюдение требований к заключению ЭЭ.

В опросник могут быть включены и другие критерии качества, если экспертная комиссия сочтет их соблюдение необходимым при проведении ЭЭ конкретного объекта.

Разделы опросника – критерии качества первого порядка, вопросы разделов – критерии качества второго порядка.

Для разделов опросника необходимо заполнить матрицу парных сравнений A_{ij} ($i = [1; n]$, $j = [1; n]$, n – количество разделов опросника), которая задаёт вес каждого раздела относительно других в баллах от 1 до 9.

Для вопросов также необходимо заполнить матрицу парных сравнений $A_k = a_{kxy}$ ($x = [1; n_k]$, $y = [1; n_k]$, k – номер раздела опросника; n_k – количество вопросов в k -м разделе опросника), задающую вес каждого вопроса относительно других вопросов раздела.

5. Расчёт коэффициентов важности критериев качества ЭЭ

Для расчёта коэффициентов важности критериев качества второго порядка, в рамках каждого из критериев первого порядка. используют метод ранжирования на основе преобразованных матриц $A'_k = a_{kx'y'}$, получаемых на основании матриц парных сравнений $A_k = a_{kxy}$.

Элемент преобразованной матрицы для k -го раздела опросника определяют по формуле:

$$a'_{kx'y'} = \begin{cases} \frac{100}{a_{kxy} + 1} \cdot a_{kxy}, & \forall x < y : x' = x, y' = y; \\ 1, & \forall x = y : x' = y' = x = y; \\ \frac{100}{a_{kxy} + 1}, & \forall x < y : x' = y, y' = x, \end{cases}$$

где $x = y = [1; n_k]$;

n_k – количество вопросов k -го раздела опросника.

Значения коэффициентов важности $P_{kx'}$ ($x' = [1; n_k]$) для каждого из вопросов k -го раздела вычисляют по формуле

$$P_{kx'} = \sum_{x'=1}^{n_k} a'_{kx'y'}, (x' \neq y').$$

Далее осуществляется нормализация полученных коэффициентов по формуле

$$Pn_{kx'} = \frac{P_{kx'}}{\sum_{x'=1}^{n_k} P_{kx'}}$$

с обязательным выполнением условия

$$\sum_{x'=1}^{n_k} Pn_{kx'} = 1.$$

Расчёт коэффициентов важности критериев качества первого порядка Pn_i ($i = [1, n]$, n – количество критериев качества первого порядка) в рамках опросника производят аналогично расчёту коэффициентов важности критериев качества второго порядка.

5. Балльная шкала

В качестве балльной шкалы возьмем привычную пятибалльную числовую оценочную шкалу от 1 до 5 баллов. Такая шкала удобна в применении и позволяет достаточно точно охарактеризовать соответствие оцениваемого объекта конкретному критерию качества. Меньшая градация шкалы не отображает в полной мере все грани соответствия объекта рассматриваемой характеристике, большее – излишне загромождает, необоснованно усложняет и замедляет расчёты, предусмотренные алгоритмом оценки качества ЭЭ.

7. Формирование нечётких эталонов качества ЭЭ

Для определения лингвистической переменной "Качество ЭЭ" (КЭЭ) необходимо задать её базовое терм-множество $T_{КЭЭ} = \{T_i\}$ ($i = [1; L]$, где L – количество термов, которые используют в качестве нечётких эталонов). После определения термов задают универсальное множество $X_{КЭЭ}$, на котором определяют эти нечёткие эталоны и строят их функции принадлежности.

Определим базовое терм-множество лингвистической переменной КЭЭ 7-ю нечёткими термами:

$T_{КЭЭ} = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7\} = \{\text{"очень низкое качество ЭЭ"} (ОНКЭЭ), \text{"низкое качество ЭЭ"} (НКЭЭ), \text{"среднее качество ЭЭ"} (СКЭЭ), \text{"неизменное качество ЭЭ"} (НеКЭЭ), \text{"нормальное качество ЭЭ"} (НоКЭЭ), \text{"высокое качество ЭЭ"} (ВКЭЭ), \text{"очень высокое качество ЭЭ"} (ОВКЭЭ)\}$, которые отображают на универсальное множество $X_{КЭЭ} \in \{0, \max_{КЭЭ}\}$.

Выполним построение эталонных нечётких чисел, используя один из методов построения функций принадлежности, описанных в [1]. В результате получим эталонные нечёткие числа:

$$\text{ОНКЭЭ} = \{1/1; 2/0,8; 3/0,1; 4/0; 5/0\};$$

$$\text{НКЭЭ} = \{1/0,8; 2/1; 3/0,2; 4/0,1; 5/0,1\};$$

$$\text{СКЭЭ} = \{1/0,6; 2/0,7; 3/0,6; 4/0,3; 5/0,2\};$$

$$\text{НеКЭЭ} = \{1/0,2; 2/0,4; 3/1; 4/0,6; 5/0,4\};$$

$$\text{НоКЭЭ} = \{1/0,1; 2/0,2; 3/0,6; 4/0,9; 5/0,7\};$$

$$\text{ВКЭЭ} = \{1/0; 2/0,1; 3/0,2; 4/1; 5/0,9\};$$

$$\text{ОВКЭЭ} = \{1/0; 2/0; 3/0,1; 4/0,9; 5/1\}.$$

8. Оценка корректности границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта

Оценка корректности границ СЗЗ объекта ЭЭ применяется как завершающий этап оценки качества ЭЭ при условии, что объект ЭЭ был создан и принят в эксплуатацию. Алгоритм оценки корректности границ СЗЗ представлен на рис. 2.

Введём обозначения:

n – количество точек контроля границы СЗЗ;

x_i – точки контроля границы СЗЗ, $i = 1, \dots, n$;

k – количество загрязнителей, выделяемых объектом ЭЭ в окружающую среду;

y^j – загрязнители, выделяемые объектом ЭЭ в окружающую среду, $j = 1, \dots, k$.

P^j – предельно допустимая концентрация загрязнителя y^j в окружающей среде, $j = 1, \dots, k$;

N_i^j – концентрация загрязнителя y^j в точке x_i .

Показатель загрязнённости a_i^j точки контроля x_i загрязнителем y^j определяем по формуле

$$a_i^j = \begin{cases} 0, & N_i^j < P^j; \\ 1, & N_i^j \geq P^j. \end{cases}$$

Показатель корректности A границы СЗЗ определяем по формуле

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k a_i^j.$$

При нулевом показателе корректности границ СЗЗ делаются выводы о высоком качестве ЭЭ, проводимой на этапе проектирования объекта.

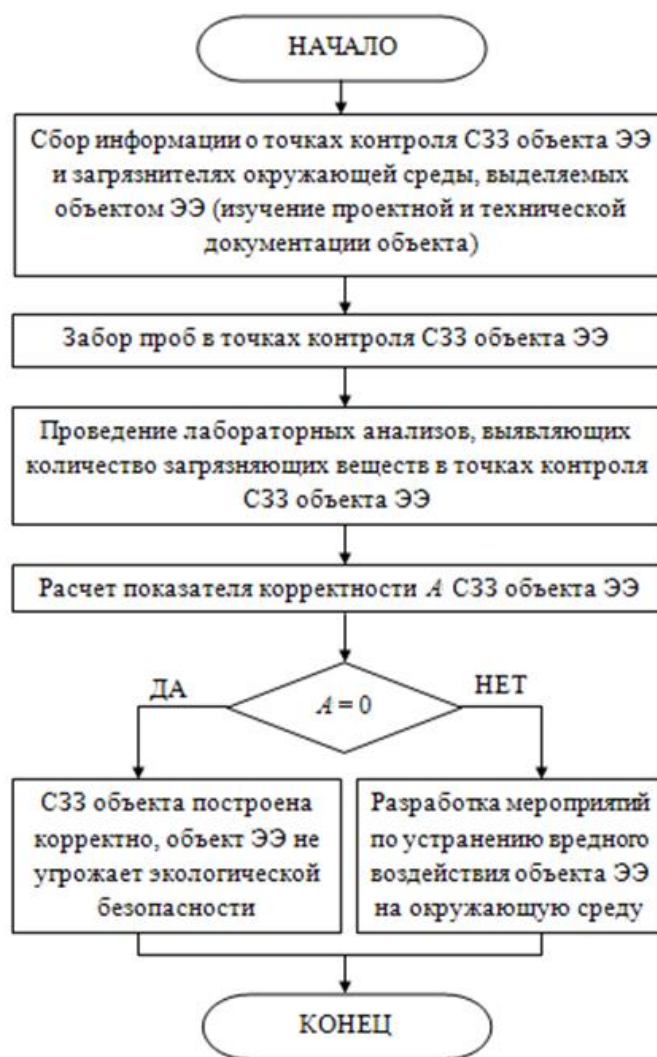


Рис. 2. Блок-схема алгоритма оценки корректности границ СЗЗ объекта ЭЭ

Следует отметить, что в реальных условиях показатель корректности границ СЗЗ может меняться при изменениях погодных условий на территории расположения объекта ЭЭ и смене времен года. Поэтому рекомендуется неоднократно производить забор проб в точках контроля при различных погодных условиях на протяжении календарного года и каждый раз рассчитывать показатель корректности границ СЗЗ. Рассматривать как критерий качества ЭЭ следует наихудший показатель корректности границ СЗЗ.

9. Опрос проверяющих экспертов

При проведении тестирования каждый эксперт, входящий в состав комиссии по оценке качества ЭЭ, должен указать соответствие оцениваемой ЭЭ всем критериям качества, включенным в опросник, по балльной шкале.

10. Вычисление оценки качества ЭЭ с использованием нечёткой математической модели с балльной шкалой

Для расчёта оценки качества ЭЭ, с использованием нечёткой математической модели с балльной шкалой, коэффициенты важности для критериев качества второго порядка (вопросов опросника) пересчитываются по следующей формуле:

$$Pn_{ki} = Pn_{ki} \cdot Pn_k,$$

где Pn_k – коэффициент важности соответствующего критерия первого порядка (раздела опросника, в состав которого входит вопрос);

$k = [1, n]$ – номер критерия первого порядка (раздела опросника);

n – количество критериев первого порядка (разделов в опроснике);

$i = [1, n_k]$ – номер критерия второго порядка (вопроса) в рамках критерия первого порядка (раздела);

n_k – количество критериев второго порядка в рамках критерия первого порядка.

Далее критерии качества второго порядка получают новую нумерацию – сквозную через весь опросник, то есть номер вопроса теряет связь с соответствующим разделом и опросник рассматривается как единый блок, не поделенный на разделы. Полученное количество критериев качества второго порядка положим равным q . Так как индекс k в обозначении коэффициентов важности критериев второго порядка теряет свою значимость, то введем новое обозначение:

$$Pn_{ki} = P_i,$$

где $i = [1, q]$ – номер критерия качества второго порядка (вопроса опросника) при сквозной нумерации.

Затем вычисляется значение нечёткого числа, соответствующее оценке группы экспертов, проводящих оценку качества ЭЭ, из N человек по j -му критерию качества с учётом сквозной нумерации по следующей формуле:

$$X_j = \sum_{i=1}^N (X_{ij} \tilde{W}_i),$$

где \tilde{W}_i – коэффициент важности мнения i -го эксперта комиссии.

Диапазон $[\underline{X}_j, \bar{X}_j]$, (где $\underline{X}_j = 0, \bar{X}_j = N_j, N_j$ – максимально возможное количество баллов по каждому критерию качества (вопросу опросника)) изменения параметра X_j ($j = [1, q]$) отображают на универсальное множество эталонных нечётких чисел $X^* = [0, L - 1]$ (где L – количество эталонов), для чего полученные значения $X_j \in [\underline{X}_j, \bar{X}_j]$ пересчитывают в соответствующие элементы $X_j^* \in [0, L - 1]$ по формуле

$$X_j^* = (L - 1) \frac{X_j - \underline{X}_j}{\bar{X}_j - \underline{X}_j}.$$

Функция принадлежности $\mu_i^j(X_j)$ (где $i = [1, L]$) нечёткого термина с i -м номером вычисляется по формуле:

$$\mu_i^j(X_j^*) = \left[\frac{1}{1 + (X_j^* - i + 1)^2} \right]^{P_j \cdot q}.$$

На завершающей стадии определяют оценку качества ЭЭ по следующему логическому выражению

$$\mu_S(X_j) = \bigvee_{i=1}^L \bigwedge_{j=1}^q \mu_i^j,$$

где $i = [1, L]$ – номер термина из базового терм-множества T ;

$j = [1, q]$ – номер критерия второго порядка при сквозной нумерации критериев (номер вопроса в опроснике).

11. Вычисление результирующей оценки качества ЭЭ

Результирующая оценка качества ЭЭ вычисляется на основе оценки качества ЭЭ, полученной с использованием нечёткой математической модели с балльной шкалой, и оценки корректности границ СЗЗ методом контрольных чисел.

Контрольные числа для оценок качества ЭЭ:

- V (очень высокий уровень качества ЭЭ) = 3;
- V (высокий уровень качества ЭЭ) = 2;
- V (нормальный уровень качества ЭЭ) = 1;
- V (неизменный уровень качества ЭЭ) = 0;
- V (средний уровень качества ЭЭ) = -1;
- V (низкий уровень качества ЭЭ) = -2;
- V (очень низкий уровень качества ЭЭ) = -3.

Контрольные числа для показателя корректности границ СЗЗ:

- $V(A = 0) = 3$; $V(A > 0) = -3$.

Результирующее контрольное число V рассчитывается как среднее арифметическое контрольных чисел по двум оценкам и округляется до целого числа. Полученное число находится среди контрольных чисел V . Соответствующий найденному контрольному числу лингвистический терм является результирующей оценкой качества ЭЭ.

Заключение

Предложенная методика оценки качества ЭЭ, основанная на применении нечёткой математической модели с балльной шкалой, обеспечивает поддержку принятия управленческих решений, направленных на сохранение и повышение экологической безопасности территорий и населения, в разрезе актуального законодательства в области ЭЭ и имеющейся документации по объекту экспертизы.

Процедура оценки качества ЭЭ с использованием данной методики реализована в виде программного обеспечения "Автоматизированная система оценки качества ЭЭ", на которое имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [4].

Литература

1. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечётких множествах. Теория и практические решения. К: "МК-Пресс", 2006. 320 с.
2. **Орлов А.И.** Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. М.: КНОРУС, 2010. 568 с.
3. **Зырянова Е.В., Белов В.М., Пивкин Е.В.** Перечень и содержание разделов тестирующего программного обеспечения для оценки качества экологических экспертиз // Ползуновский Вестник. 2013. № 2. С. 284-286.
4. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015612131 Автоматизированная система оценки качества экологических экспертиз (АСОКЭЭ) / Зырянова Е.В., Белов В.М., Индюшкин И.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Алтайский государственный университет им. И. И. Ползунова" (RU). № 2014662976; заявл. 15.12.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 13.02.2015.