



Метод комплексного оценивания экологической составляющей среды на примере Кировского района г. Пермь

© К.С. Фияшко, Д.Н. Кривоги́на

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Резюме: На сегодняшний день остро ощущаются проблемы экологического состояния окружающей среды всеми живыми организмами. Масштаб и характер загрязнения окружающей природной среды напрямую связаны с видами производства, с количеством и качеством выбросов, уровнем применяемых технологий и очистных установок, географическим расположением, характером рассеивания загрязнений и их влиянием на ландшафты, экосистемы и их компоненты городской среды. Необходимость улучшения состояния окружающей среды делает актуальным исследование в области комплексного оценивания состояния экосистемы и ее компонентов. Изучение исследуемой области через призму комплексного оценивания предоставляет возможность наглядно оценить экологические ситуации всех составляющих экосистемы. Это позволит объективно взглянуть на исследуемую область (территорию), выявить основные влияющие факторы загрязнения, что позволит сузить круг поиска причины заниженной оценки территории и дать соответствующие рекомендации по улучшению ситуации. Цель данной работы – исследовать и оценить экологическую обстановку одного из микрорайонов (Кировского района г. Пермь) на основе предложенного метода комплексного оценивания экологической составляющей среды. С помощью данного метода было произведено поэтапное оценивание каждой составляющей среды, то есть веществ, которые, по мнению авторов, являются достаточно сильными факторами влияния на среду, в которой было произведено загрязнение. Далее вычисляется общая оценка среды исходя из оценок веществ и, в итоге, комплексная оценка всей среды как общая оценка всей экологической обстановки в виде дерева свертки с назначением матриц развития. Исходя из полученных результатов, было дано заключение о возможных причинах понижения или повышения оценки территории.

Ключевые слова: экологическая обстановка, комплексная оценка, выбросы, загрязнения среды

Для цитирования: Фияшко К.С., Кривоги́на Д.Н. Метод комплексного оценивания экологической составляющей среды на примере Кировского района г. Пермь. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 1. С. 84–93. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-84-93>

A method for a comprehensive assessment of the ecological component of the environment based on a case study of the Kirovsky district of the Perm city

Ksenia S. Fiyashko, Daria N. Krivogina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Abstract: Today, the problems of the ecological state of the environment are acutely felt by all living organisms. The scale and nature of environmental pollution are directly related to the types of production, the amount and quality of emissions, the level of technologies and treatment plants used, the geographical location, the nature of dispersion of pollution and its impact on landscapes, ecosystems, and their components in the urban environment. The need to improve the state of the environment makes the research in the field of integrated assessment of the state of the ecosystem and its components relevant. The study of this area through the prism of integrated assessment provides an opportunity to visually assess the ecological situation of all components of the ecosystem. This will make it possible to objectively look at the investigated area (territory), identify the main influencing factors of pollution, which will narrow the search for the reasons for an underestimation of some territory and give appropriate recommendations for improving the situation. The purpose of this research is to investigate and assess the ecological situation of one of the micro districts (Kirovsky district of the Perm city) on the basis

of the proposed method of a comprehensive assessment of the ecological component of the environment. With the help of this method, a step-by-step assessment of each component of the environment was made, i.e., of the substances which, according to the authors, are quite strong factors affecting the environment, in which the pollution was produced. Next, a general assessment of the environment was conducted based on the assessments of substances, as a result, enabling a comprehensive assessment of the entire environment as a general assessment of the entire environmental situation in the form of a convolution tree with assigned development matrices. Based on the results obtained, a conclusion was made on the possible reasons for the decrease or increase in the assessment of the territory.

Keywords: ecological situation, comprehensive assessment, emissions, environmental pollution

For citation: Fiyashko KS, Krivogina DN. A method for a comprehensive assessment of the ecological component of the environment based on a case study of the Kirovsky district of the Perm city. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(1):84–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-84-93>

Введение

На сегодняшний день понятие городской среды имеет множество определений и рассматривается широко. При этом во всех случаях в основе представленных концепций построения городских систем и их оценки лежит множество различных факторов и их критериев. Систему формирующих компонентов оценки городской среды определяют в зависимости от предмета исследования. Так, Т.М. Дридзе выделяет четыре основных компонента: естественно-природный, материально-вещный, культурно-информационный и социоантропологический [1]. Данные компоненты могут быть систематизированы и представлены в модели комплексного оценивания. Проблемам исследования оценок городской среды, а также факторов, влияющих на качество городской среды, посвящены работы Дж. Форрестера, А.Э. Гутнова, Н.А. Аитова, В.А. Хомича [2–4].

Данными авторами были сформулированы и предложены основные классификации городской среды, включающие в себя определенные критерии и индексы оценки городской среды.

Министерством строительства РФ была разработана и принята методика формирования индекса качества городской среды¹, которая позволяет оценить шесть типов городских пространств, руководствуясь статистическими исследованиями.

Актуальность разработки методики субъектно-ориентированного комплексного оценивания окружающей среды обусловлена

следующим. С одной стороны, имеется достаточно много исследований, посвященных вышеуказанной теме, однако все представленные выше методики требуют глубоких производственных узкоспециализированных знаний и умений исследователя.

Соответственно, субъект, не обладающий данными умениями, не может применить их самостоятельно при изучении качества жизни в городской среде, в особенности экологического состояния среды².

При этом тема благоприятного проживания в городской среде является актуальной на сегодняшний день, ведь темпы роста новостроек стремительно увеличиваются. И, зачастую, приобретая недвижимость в конкретном районе, человек руководствуется уровнем развития инфраструктуры и совершенно не имеет возможности оценить качество естественно-природного состояния.

Так, в 2015 г. учеными В.А. Харитоновым и А.О. Алексеевым, занимающимися учетом предпочтений субъектов управления, была разработана концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах, позволяющая преодолеть негативные стороны субъективизма. Методы данной концепции являются оптимальными при изучении городской среды человеком с целью получения первичного представления о ее качестве [5–6].

В качестве примера рассмотрим методику определения комплексного показателя экологического риска территории на основе комплексного оценивания.

¹Об утверждении методики формирования индекса качества городской среды (с изменениями на 30 декабря 2020 года): распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 марта 2019 года № 510-р.

²Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики: монография / под ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Харитонова. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. 172 с.

Метод комплексного оценивания экологической составляющей среды на примере Кировского района г. Пермь

На сегодняшний день исследование экологического состояния городской среды является актуальной задачей. Комплексная оценка территории представляет собой интегральную оценку частных (пофакторных) оценок, производимых исходя из отдельных природных и антропогенных факторов, оказывающих воздействие на территорию [7]. Для осуществления процедуры комплексного оценивания строятся деревья критериев. Вычисление комплексной оценки осуществляется на основе обращения к бинарным матричным сверткам и трансляции полученных результатов на верхние уровни дерева критериев в качестве исходных данных [8–9]. Исходные данные получаем при анализе компонентов среды и их оценивании по частным параметрам. В качестве примера рассмотрим оценку городской среды на основе трех составляющих: воздушной среды, водной и почвенной.

Этап 1. Вычисление комплексной оценки исследуемой территории на основе анализа воздуха, воды и почвы

Для проведения комплексной оценки исследуемой территории с целью определения качества экологической составляющей рассмотрим три основных элемента модели: воздух, воду и почву. Далее, основываясь на информации, предоставленной пунктами мониторинга состояния окружающей среды

г. Пермь³, проведем оценку состояния среды на основе исследования каждого элемента модели. Оценку для воздуха и воды необходимо проводить комплексно, руководствуясь данными по максимальному значению превышений, то есть во сколько раз максимально за определенный период была превышена предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ и химических соединений, а также по количественному показателю превышений, то есть сколько раз за период было зафиксировано превышение ПДК вредных веществ и химических соединений. Для определения комплексной оценки каждого выбранного элемента рассматриваемой среды был выбран механизм оценивания «Джобс-Декон»⁴, а также «активная экспертиза» [10]. В программном продукте «Джобс-Декон» каждым исследователем была построена модель для оценки городской среды: выбраны характеристики (вредные вещества и химические соединения), произведена процедура ранжирования степени важности элементов на основе группы опасности данных элементов и соединений, а также группы экспертов, определивших степень важности по количеству превышений. Воздушная среда оценивалась на основе информации⁵, полученной со стационарного поста ПНЗ №18, расположенного на ул. Победы, 41. Для удобства оценки были взяты данные по веществам, превышения ПДК, которых чаще всего происходили за последние пять лет. Процедура оценки воздушной среды представлена на рис. 1. и реализована в программном продукте «Джобс-Декон».

Вещество	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Аммиак							1,30
Диоксид азота	4,30	1,40					
Ксилолы	5,80	2,80	5,00	1,10	3,90		
Оксид углерода					1,20		
Сероводород	1,50						
Фенол	1,50	3,50	1,50	1,30	1,50	3,80	
Формальдегид	1,10		8,40				
Фторид водорода	4,00	9,30	6,20	3,80	1,20		
Хлорид водорода	15,00	5,60	1,40	2,60	2,20	2,40	
Этилбензол	6,60	4,80	8,10	2,80	5,40	2,50	

Рис. 1. Данные мониторинга по максимальному превышению воздушной среды на посту наблюдения за загрязнением № 18

Fig. 1. Monitoring data on the maximum excess of the air environment at the pollution observation post № 18

³Проект «Воздух и вода. Пермь» [Электронный ресурс]. URL: <http://airperm.ru/> (10.01.2021).

⁴Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614405 от 05.04.2018. Автоматизированная система субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора на основе соединения креативности и технологичности («Джобс-Декон») / А.О. Алексеев, А.В. Вычегжанин, М.С. Дмитриков, Д.Н. Кривогино, М.И. Мелехин, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин.

⁵Проект «Воздух и вода. Пермь» [Электронный ресурс]. URL: <http://airperm.ru/> (10.01.2021).

При построении функций приведения использовалась ниспадающая функция (монотонно убывающая) с вершинами для максимального превышения в 2, 4, 6, 8 раз с соответствующими оценками в шкале 4–1 и для количества превышений в 4, 8, 10, 12 раз с

соответствующими оценками 4–1. Шкала 1–4 интерпретируется как «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Результат оценки веществ по годам сведен в табл. 1.

Таблица 1. Сводная таблица расчётов оценки веществ и их итоговая оценка по средам

Table 1. Summary table of calculations of the assessment of substances and their final assessment for the environment

<i>Воздушная среда</i>														
Вещество	Максимальное превышение						Итог	Количество выбросов						
	Год (20_)					Итог		Год (20_)					Итог	
	15	16	17	18	19			15	16	17	18	19		
Этилбензол	2,58	1,12	3,62	2,28	3,78	2,58	2,22	1,87	2,22	1,5	4	2,22		
Хлорид водорода	2,17	4	3,73	3,92	3,83	3,4	4	4	4	4	2,73	3,4		
Фторид водорода	1,12	1,87	3,06	4	4	2,8	1	1	1	4	4	2,2		
Фенол	3,24	4	4	4	3,06	3,24	3,99	3,77	3,52	4	3,99	3,52		
Ксиолы	3,62	2,47	4	3,02	4	3,02	3,77	3,99	4	3,99	4	3,77		
<i>Водная среда (створ № 1)</i>														
Вещество	Максимальное превышение							Итог	Количество выбросов					
	Год (20_)						Итог		Год (20_)					Итог
	15	16	17	18	19	20			15	16	17	18	19	
Взвешенные вещества	4	4	1	1	1	1,51	2	4	4	4	4	4	4	4
Железо общее	1,56	1	1,70	1,20	1,51	1,75	1,70	3,52	2,22	1,63	2,73	1,63	3,99	2,50
Марганец	1,83	1	1	1	1	1	1,5	3,77	1,87	1,74	2,02	1,50	3,99	2,02
Медь	2,47	1	2,97	2,97	1,66	2,47	2,47	2,97	2,22	2,22	2,22	1,63	3,99	2,22
Химическое потребление кислорода	3,73	2,67	3,78	3,47	3,58	3,69	3,47	3,25	2,02	2,22	2,47	1,50	4	2,47
<i>Водная среда (створ № 2)</i>														
Вещество	Максимальное превышение							Итог	Количество выбросов					
	Год (20_)						Итог		Год (20_)					Итог
	15	16	17	18	19	20			15	16	17	18	19	
Взвешенные вещества	4	1	4	4	3,62	1,36	3	4	4	4	4	4	4	4
Железо общее	1,59	1	1,93	1,36	1,54	1,93	1,93	3,25	2,73	1,63	2,47	1,63	4	2,50
Марганец	2,02	1	1	1	1	1,20	1,50	3,99	1,87	2,22	2,22	1,63	4	2,22
Медь	2,97	2,02	2,47	1,66	1,66	2,02	2,02	3,25	2,02	2,02	2,97	1,50	4	2,50
Химическое потребление кислорода	3,78	2,58	3,47	3,13	3,40	3,78	3,13	2,73	2,02	2,22	2,22	1,50	4	2,22
<i>Почвенная среда</i>														
Вещество	Год (20_)						Итог							
	17		18		19									
Медь	2,74		3,04		2,63		2,74							
Цинк	3,08		3,63		3,08		3,08							
Кадмий	3,79		3,11		3,11		3,11							
Свинец	3,40		3,57		3,46		3,40							

В качестве примера рассмотрим вычисление оценки одним экспертом в программном продукте «Джобс-Декон» для воздушной среды в соответствии со следующей схемой:

1. Назначение характеристики объектов оценивания.

Исходя из данных мониторинга городской среды города Пермь в выбранном районе были

определены компоненты, по которым будет произведена оценка (рис. 2).

2. Построение области оценивания.

После определения характеристик объекта для каждого критерия выстраивается

своя функция с назначением граничных точек оценки (рис. 3). Исходя из того, в какой области функции окажется значение оцениваемого объекта, будет присуждаться соответствующая оценка.

- 1 Этилбензол (ед. измерения: во сколько раз превысило)
- 2 Хлорид водорода (ед. измерения: во сколько раз превысило)
- 3 Фторид водорода (ед. измерения: во сколько раз превысило)
- 4 Фенол (ед. измерения: во сколько раз превысило)
- 5 Ксиолы (ед. измерения: во сколько раз превысило)

Рис. 2. Характеристика объектов оценивания воздушной среды Кировского района г. Пермь
Fig. 2. Characteristics of objects for assessing the air environment of the Kirovsky district of Perm

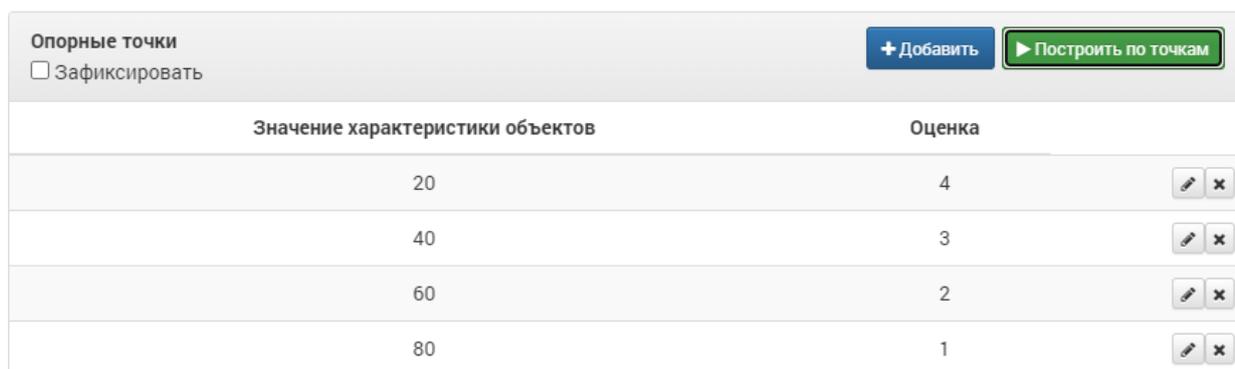
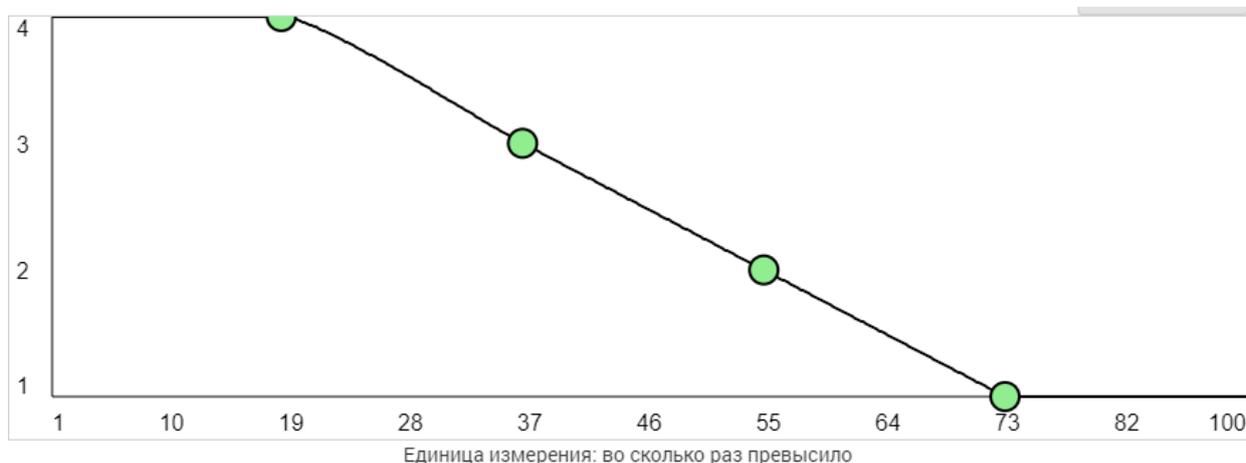


Рис. 3. Функция приведения для этилбензола (воздушная среда)
Fig. 3. Adduction function for ethylbenzene (air environment)

3. Ранжирование характеристик объекта.

Так как необходимо вычислить оценку для конкретной характеристики (в нашем

случае вещества), то для данного элемента на шкале ранга выставляем 100% приоритет в процедуре ранжирования (рис. 4).

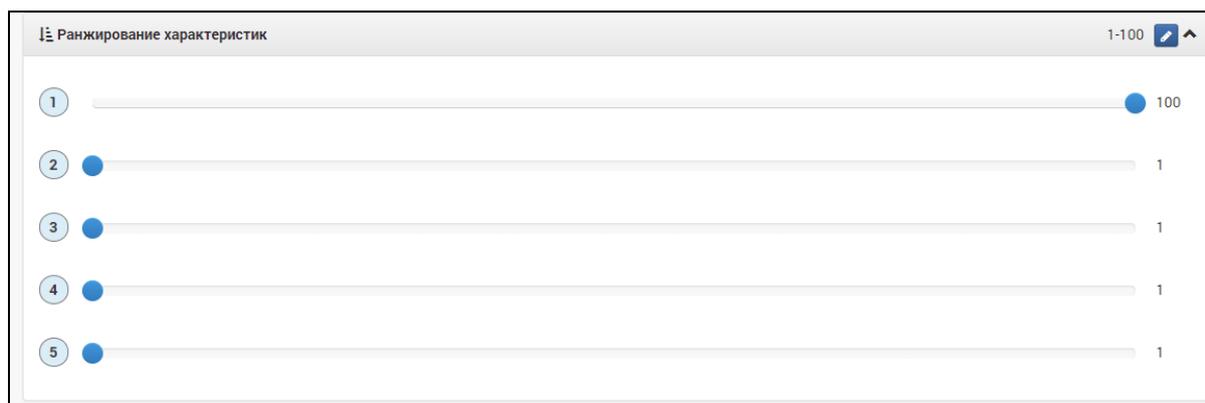


Рис. 4. Ранжирование объектов
Fig. 4. Object ranking

4. Построение модели объекта и получение его комплексной оценки.

Вводим реальные данные объекта оценивания (рис. 5). Далее, используя механизм активной экспертизы, получим общую комплексную оценку для каждого из веществ за определенный временной период. Затем вычислим оценку среды по максимальному превышению путем согласования оценок экспертов. На рис. 6 представлена процедура согласования оценок экспертов на примере этилбензола. Аналогичными действиями находим оценки для воздушной среды по количеству превышений, а также оценки для водной среды, а именно для створов № 1 (створ № 3113702, Воткинское водохранилище, в черте г. Пермь, 1,5 км ниже впа-

дения р. Мулянка) и № 2 (створ № 3113703, Воткинское водохранилище, 16 км ниже г. Пермь, 0,7 км ниже впадения р. Мулянка), так как именно в этой географической зоне находится исследуемый объект.

Для почвенной среды выполним аналогичные действия, используя данные за 2017–2019 года из доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края»⁶, это позволит получить более точное значение комплексной оценки. Процедура сведения комплексных оценок для воздушной, водной и почвенной сред была представлена в табл. 1, итоговые оценки сред после обработки данных с помощью активной экспертизы сведены в табл. 2.

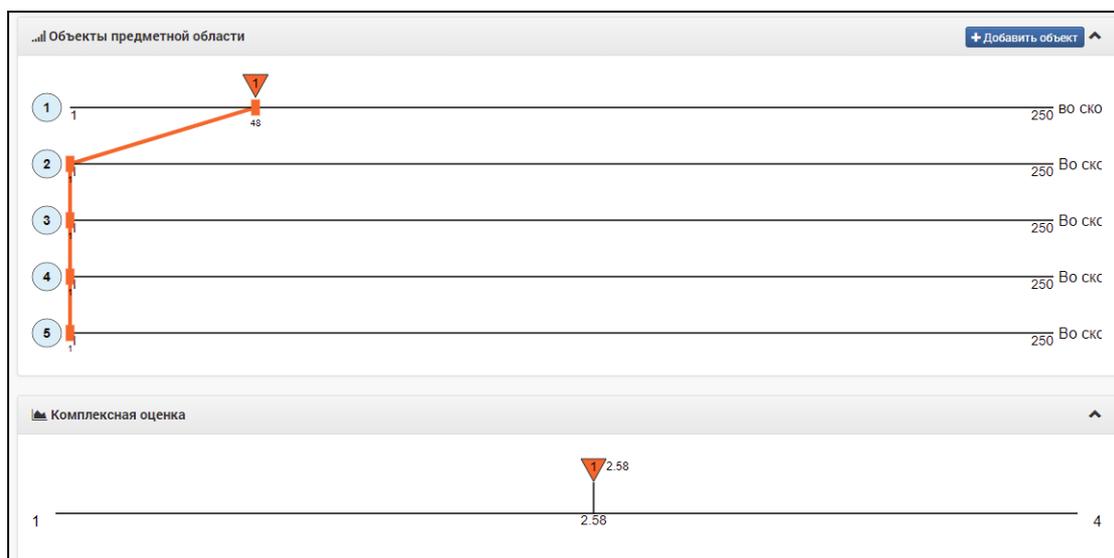


Рис. 5. Построение модели объекта
Fig. 5. Building a model of an object

⁶Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2019/> (10.01.2021)

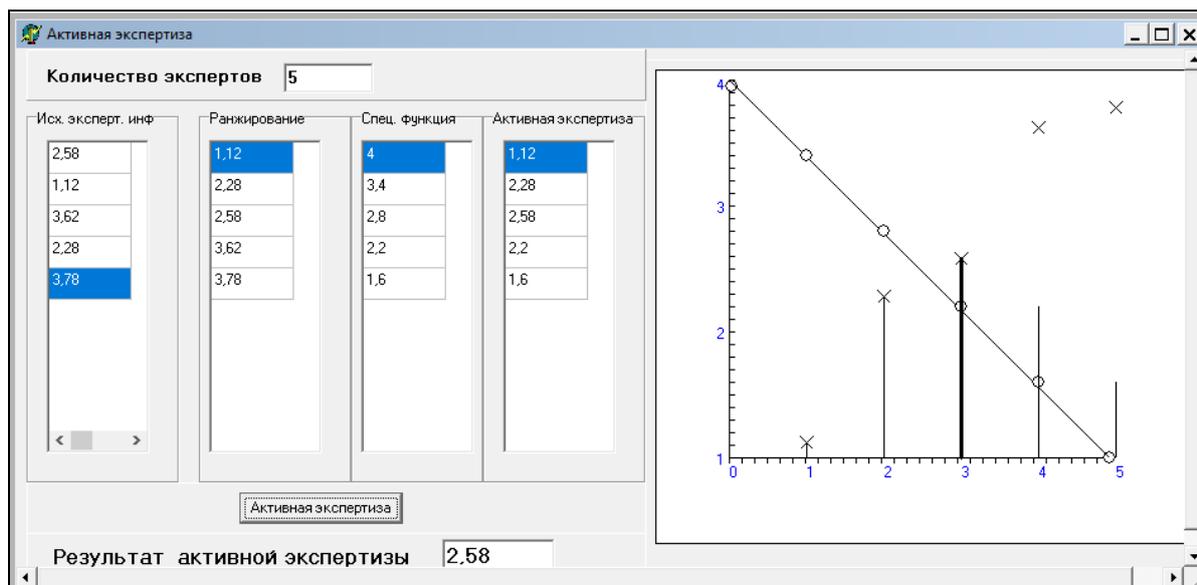


Рис. 6. Определение согласованной оценки на примере оценки этилбензола
 Fig. 6. Determination of a consensus estimate using the example of ethylbenzene evaluation

Таблица 2. Итоговая оценка каждой среды, полученная с помощью активной экспертизы
 Table 2. Final assessment of each environment, obtained through active examination

Компонент оцениваемой среды	Оценка, полученная активной экспертизой
<i>Воздушная среда</i>	
Максимальное превышение ПДК на ПНЗ № 18	2,80
Количество превышений ПДК на ПНЗ № 18	2,80
<i>Водная среда</i>	
Максимальное превышение ПДК на створе № 1	2,20
Максимальное превышение ПДК на створе № 2	2,20
Количество превышений ПДК на створе № 1	2,47
Количество превышений ПДК на створе № 2	2,5
<i>Почвенная среда</i>	
Результаты отбора проб за 2017–2019 гг. из отчета по экологической обстановке Пермского края по Краснокамскому району	3,08

Этап 2. Построение дерева свертки и вычисление комплексной оценки территории

После получения всех составляющих комплексной оценки экологической обстановки, а именно воздуха по двум подкритериям (максимальное превышение ПДК и количество превышений ПДК), воды по 2 створам (каждый створ оценивается, как воздушная среда, по 2 подкритериям), почвы по показаниям проб из земли за 2018 и 2019 гг. (так как за 2017 и 2018 гг. оценки получились практически идентичны, то отбросим оценку за 2017 г.), в сравнении с их ПДК, используя программный комплекс «Декон-Табл», а именно функцию свертки, создадим дерево свертки и получим комплексную оценку (рис. 7).

Матрица M1_1 – свертка воздушной среды. Для данной матрицы используем стан-

дартную матрицу M2a – «Поддержка развития хотя бы одного критерия при равноправном развитии критериев».

Матрица M1_2 – свертка по водной среде, а именно створа № 1. Для данной матрицы используем стандартную матрицу M3a – «Поддержка развития обоих критериев с компромиссом на первом».

Матрица M1_3 – свертка по водной среде для створа № 2. Для данной матрицы используем стандартную матрицу M3a – «Поддержка развития обоих критериев с компромиссом на первом».

Матрица M1_4 – свертка по почвенной среде. Для данной матрицы используем стандартную матрицу M3c – «Поддержка развития обоих критериев с компромиссом на любом».

Матрица M2_1 – свертка результатов оценки двух створов. Для данной матрицы используем стандартную матрицу M3c – «Поддержка разви-

тия обоих критериев с компромиссом на лю-
 бом».

Матрица M3_1 – свертка по водной и
 воздушной среде. Для данной матрицы ис-
 пользуем стандартную матрицу M2a – «Под-
 держка развития хотя бы одного критерия
 при равноправном развитии критериев».

Матрица M – общая свертка всех трех сред
 (воздушной, водной и почвенной). Для данной
 матрицы используем стандартную матрицу M2b
 – «Поддержка развития хотя бы одного крите-
 рия с приоритетом первого критерия».

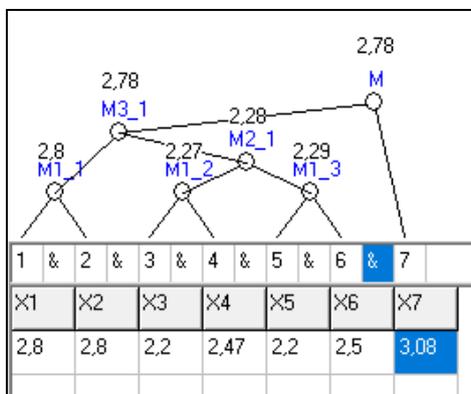


Рис. 7. Свертка экологической обстановки Кировского района г. Пермь при использовании активной
 экспертизы в обработке исходных данных

Fig. 7. Convolution of the ecological situation of the Kirovsky district of Perm when using active expertise
 in the processing of initial data

Заклучение

Полученная комплексная оценка показы-
 вает, что состояние среды Кировского райо-
 на г. Пермь по экологическим признакам
 близко к удовлетворительному. Исходя из
 полученных оценок каждой составляющей,
 видно, что основным ухудшающим общую
 оценку фактором являются водные показате-
 ли. Можно заметить, что оценка воды на

створе № 1 (створ 3113702 на рис. 8) сама по
 себе низкая (табл. 2) и при прохождении створа
 № 2 (створ 3113703 на рис. 8) идёт на повыше-
 ние, то есть основной вклад в ухудшение пока-
 зателя района вносят не те выбросы, что про-
 исходят на исследуемой области, а те, что про-
 изводятся ещё до исследуемого створа, в дру-
 гих районах города.



Рис. 8. Схема расположения створов государственной сети наблюдений в районе г. Пермь

Fig. 8. Layout of the state observation network in the area of Perm

Как видно из схемы расположения створов наблюдения (рис. 8), до створа №1 в реку Кама впадает несколько рек, и есть вероятность, что именно они являются причиной

неудовлетворительной оценки [11]. Но для подтверждения данной информации необходимо провести дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дридзе Т.М. Социальная коммуникация как текстовая деятельность в семиосоциопсихологии // *Общественные науки и современность*. 1996. № 3. С. 145–152.
2. Форрестер Дж. Динамика развития городов. М.: Прогресс, 1974. 286 с.
3. Гутнов А. Э. Города и люди: избранные труды. М.: МП «Ладья», 1993. 320 с.
4. Файзуллин Ф.С. Социологические проблемы города / под ред. Н.А. Аитова. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. 207 с.
5. Glinskiy V., Serga L., Khvan M. Assessment of Environmental Parameters Impact on the Level of Sustainable Development of Territories // *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 40. P. 625–630. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.145>
6. Istomin E.P., Sokolov A.G., Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Fokicheva A.A. Methods for external factors assessing within geoinformation management of territories // *SGEM2015 Conference Proceedings: 15th International SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing (June 18–24, 2015)*. Book 2, vol. 1, pp. 729–736. <https://doi.org/10.5593/SGEM2015/B21/S8.092>
7. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.

C. 285. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=5214> (10.01.2021).
8. Харитонов В.А., Гейхман Л.К., Кривогино Д.Н. Механизмы субъектно-ориентированного ценообразования в задачах управления венчурными проектами // *Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика»*. 2017. Том 12. № 1. С. 61–77. <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2017-1-61-77>
9. Харитонов В.А., Вычегжанин А.В., Гревцев А.М., Кривогино Д.Н., Сафонов Н.И. Инструментальные средства «соединения креативности и технологичности» в задачах субъектно-ориентированного управления [Электронный ресурс] // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2017. № 7 (101). С. 1. URL: <http://www.uecs.ru/uecs-101-1012017/item/4474-2017-06-27-08-20-00> (10.01.2021).
10. Харитонов В.А., Дмитриюков М.С., Ларионова Р.А. Алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия согласованных инвестиционных решений в задачах управления объектами культурного наследия // *Вестник Пермского университета. Серия: Экономика*. 2016. № 3 (30). С. 61–76. <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2016-3-61-76>
11. Двинских С.А., Китаев А.Б. Экологическое состояние малых рек города Перми // *Географический вестник. Науки о Земле и смежные экологические науки*. 2011. № 2 (17). С. 32–43.

REFERENCES

1. Dridze TM. Social communication as a textual activity in semiosocial psychology. *Obshchestvennyye nauki i sovremennost'*. 1996;3:145–152. (In Russ.)
2. Forrester JW. Urban Dynamics. Moscow: Progress; 1974. 286 p. (In Russ.)
3. Gutnov AE. Cities and people: selected works. Moscow: Lad'ya; 1993. 320 p. (In Russ.)
4. Fajzullin FS. Sociological problems of the city. Saratov: Saratov University Publ.; 1981. 207 p. (In Russ.)
5. Glinskiy V, Serga L, Khvan M. Assessment of Environmental Parameters Impact on the Level of Sustainable Development of Territories. *Procedia CIRP*. 2016;40:625–630. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.145>
6. Istomin EP, Sokolov AG, Abramov VM, Gogoberidze GG, Fokicheva AA. Methods for

external factors assessing within geoinformation management of territories. *SGEM2015 Conference Proceedings: 15th International SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*. June 18–24, 2015. Book 2, vol. 1. pp. 729–736. <https://doi.org/10.5593/SGEM2015/B21/S8.092>
7. Kopylov IS. Principles and criteria of the integrated estimation of the geo-ecological condition of the natural and urbanized territories. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education. Surgery*. 2011;6:285. Available from: <http://www.science-education.ru/article/view?id=5214> [Accessed 10th January 2021] (In Russ.)
8. Kharitonov VA, Geikhman LK, Krivogina DN. Mechanisms of object oriented pricing in venture project management tasks. *Vestnik Permskogo*

universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy. 2017;12(1):61–77. (In Russ.) <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2017-1-61-77>

9. Haritonov VA, Vychezhzhanin AV, Grevcev AM, Krivogina DN, Safonov NI. Tools for connecting creativity and manufacturability in tasks of subject-oriented management. *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2017;7(101):1. Available from: <http://www.uecs.ru/uecs-101-1012017/item/4474-2017-06-27-08-20-00> [Accessed 10th January 2021] (In Russ.)

Сведения об авторах

Фияшко Ксения Сергеевна

магистрант,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 29,
Россия,
✉e-mail: ksenia19974@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5887-8383>

Кривоги́на Дарья Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 29,
Россия,
e-mail: krivogina@cems.pstu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6453-3701>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 14.01.2021.
Одобрена после рецензирования 16.02.2021.
Принята к публикации 18.02.2021.

10. Kharitonov VA, Dmitryukov MS, Larionova RA. Making concerted investment decisions in cultural heritage management: algorithms of intellectual support. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy.* 2016;3(30):61–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2016-3-61-76>

11. Dvinskikh SA, Kitaev AB. Ecological condition of the small rivers of perm city. *Geograficheskij vestnik = Geographical Bulletin.* 2011;2(17):32–43. (In Russ.)

Information about the authors

Ksenia S. Fiyashko,

Master's degree student,
Perm National Research Polytechnic University,
29, Komsomolsky prospect, Perm, 614990, Russia,
✉e-mail: ksenia19974@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5887-8383>

Daria N. Krivogina,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Construction
Engineering and Materials Science,
Perm National Research Polytechnic University,
29, Komsomolsky prospect, Perm, 614990, Russia,
e-mail: krivogina@cems.pstu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6453-3701>

Contribution of the authors

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 14.01.2021.
Approved after reviewing 16.02.2021.
Accepted for publication 18.02.2021.