

## Учет состояния окружающей среды при оценке общественного здоровья

Ирина Леонидовна Макарова

Сочинский государственный университет, Российская Федерация  
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26а  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: ratton@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрен метод учета состояния окружающей среды при оценке общественного здоровья на основе данных статистических наблюдений для сравнительной характеристики различных территорий. Получены значения природного показателя среды для субъектов РФ и ЮФО, а также соответствующие рейтинги этих субъектов.

**Ключевые слова:** показатель природной среды; интегральный показатель общественного здоровья; модифицированная главная компонента; статистические показатели.

**Введение.** Разработка интегральных показателей, дающих обобщенное представление о явлениях, объектах и территориях, для их сравнительной оценки и принятия управленческих решений является одной из актуальных задач настоящего времени. Универсального интегрального показателя, учитывающего все характеристики объекта исследования, создать невозможно, поскольку каждый такой показатель предназначен для решения совершенно конкретных задач. Поэтому в задачах управления можно одновременно использовать сразу несколько интегральных показателей [1, 2, 3, 4].

Предлагаемый интегральный показатель здоровья населения или интегральный показатель общественного здоровья (ИПОЗ) для проведения сравнительной оценки уровня общественного здоровья различных территорий учитывает: медико-демографические показатели, показатели заболеваемости и инвалидности, показатели физического развития населения, показатели обеспеченности здравоохранения и образованности населения, факторы окружающей среды [5]. На рис. 1 представлена общая схема иерархической системы критериев и статистических показателей, которая может быть взята за основу при конструировании интегрального показателя общественного здоровья - ИПОЗ. Такой подход к построению интегрального показателя был принят в соответствии с рекомендациями [6].

**Материалы и методы.** Рассмотрим подробно один из статистических показателей 3-го уровня, а именно показатель, описывающий экологическое благополучие населения. Сам показатель, назовем его природным показателем среды (ППС), является составным, и входит в обобщенный показатель окружающей среды (ОПОС). Обобщенное понятие «окружающая среда» обычно включает природные условия в конкретно избранном месте и экологическое состояние данной местности. В нашем случае ОПОС кроме природных условий содержит уровень образованности населения и его отношение к здоровому образу жизни, поскольку эти факторы играют важную роль по отношению к здоровью.

На всей территории России государственные и общественные структуры, предприятия, организации независимо от форм собственности и подчиненности, должностные лица и граждане обязаны выполнять санитарно-гигиенические нормативы, которые определяют качество окружающей среды применительно к здоровью человека. В периодически публикуемом статистическом сборнике «Охрана окружающей среды в России» [7] представлена информация, характеризующая состояние окружающей среды в целом по России, а также по федеральным округам, республикам, краям и областям Российской Федерации. Отметим, что подобная информация может быть получена и из других официальных источников [8, 9, 10]. Используемая в исследовании информация основывается на официальных статистических данных Росстата, а также других министерств и ведомств. Для формирования ППС были выбраны следующие статистические данные [7]:



Рис. 1. Иерархическая система статистических показателей и первичных критериев общественного здоровья (страны/региона)

- Санитарное состояние атмосферного воздуха по субъектам Российской Федерации, а именно - число исследованных проб воздуха, превышающих предельно допустимую концентрацию в процентах от общего числа исследованных проб - KA;

- Санитарное состояние водоемов I категории (используемых в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водопользования населения) по субъектам Российской Федерации, а именно - удельный вес исследованных проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах: по санитарно-химическим показателям – KV11, по микробиологическим показателям – KV12;

- Санитарно-гигиеническое состояние водных объектов (водоемы II категории) в местах рекреации (отдыха) населения по регионам Российской Федерации, а именно - удельный вес проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам: по санитарно-химическим показателям - KV21, по микробиологическим показателям – KV22;

- Средняя месячная температура воздуха по субъектам Российской Федерации, именно – отклонение от нормы: среднее арифметическое абсолютных значений отклонений от нормы за январь и июль - Kt.

В качестве примера используем данные по федеральным округам России. Чтобы результирующий природный показатель среды (ППС) допускал сравнение не только статических состояний субъектов, но и динамические сравнения одного и того же субъекта необходимо привести все измерения к одному типу безразмерной шкалы. Поскольку все рассматриваемые показатели носят негативный характер, т.е. чем больше значение показателя, тем ниже качество, то значения унифицированных показателей определялось по формуле:

$$\tilde{x} = \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}}. (1)$$

В результате этого преобразования все исходные данные стали, во-первых, безразмерны, во-вторых, принадлежат интервалу [0,1]. Исходные и преобразованные данные приведены в Таблице 1 (названия федеральных округов представлены их аббревиатурой).

Природный показатель среды (ППС) –  $y$  – будем определять как линейную функцию исходных преобразованных показателей, т.е.

$$\tilde{y} = \sum_{j=1}^p w_j \tilde{x}_j, (2)$$

где  $w_j$  – весовые коэффициенты,  $w_j \geq 0 (j = \overline{1, p})$ ,  $\sum_{j=1}^p w_j = 1$ . При этом значения интегрального показателя  $y$  будут меняться в интервале от 0 (наихудшая ситуация) до 1 (наилучшая ситуация). Весовые коэффициенты определяются по формуле:  $w_j = C_j^2$ , где компоненты вектора  $C = (C_1, C_2, \dots, C_p)^T$  являются компонентами собственного вектора ковариационной матрицы  $K$ , соответствующего наибольшему собственному значению этой матрицы. Собственные значения  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$  определяются из решений алгебраических уравнений  $|K - \lambda I| = 0$ , где  $I$  – единичная матрица соответствующего порядка.

Таблица 1

**Исходные и унифицированные данные**

	KV11		KV12		KV21		KV22		КА		Кт	
	Исходные данные	Унифицированные данные	Исходные данные	Унифицированные данные	Исходные данные	Унифицированные данные	Исходные данные	Унифицированные данные	Исходные данные	Унифицированные данные	Исходные данные	Унифицированные данные
<b>2009</b>												
ЦФО	31,9	0,247	22,9	0,145	27,2	0,456	27,5	0,094	0,9	0,739	2,4	0
СЗФО	39,7	0	22,3	0,181	30,1	0,297	28,7	0	0,3	1	1,55	0,607
ЮФО	8,1	1	12	0,801	23	0,687	27	0,134	0,8	0,783	1,35	0,750
ПФО	27,5	0,386	17,5	0,470	21,4	0,775	19,8	0,701	1	0,696	1,05	0,964
УФО	38,9	0,025	8,7	1	35,5	0	16	1	1,7	0,391	1,4	0,714
СФО	21,1	0,589	25,3	0	17,3	1	17,4	0,890	2,6	0	1,5	0,643
ДВФО	21,7	0,570	17,7	0,458	21	0,797	22,8	0,465	1,9	0,304	1	1
<b>2010</b>												
ЦФО	32,9	0,273	24,6	0	26,5	0,610	30,7	0,328	1,8	0,133	6,05	0
СЗФО	41,8	0	20,8	0,230	41,5	0	36,7	0	0,5	1	3	0,693
ЮФО	9,2	1	12,2	0,752	23,8	0,720	30,7	0,328	0,8	0,800	2,4	0,830
ПФО	27,8	0,429	17,7	0,418	22,2	0,785	20,1	0,907	1,1	0,60	5,1	0,216
УФО	35,5	0,193	8,1	1	39,6	0,077	18,8	0,978	1,8	0,133	2,55	0,795
СФО	21,4	0,626	23	0,097	19,5	0,894	18,4	1	2	0	2,05	0,909
ДВФО	24,2	0,540	16	0,521	16,9	1	28,3	0,459	1,2	0,533	1,65	1
<b>2011</b>												
ЦФО	25,9	0,507	23,3	0	24	0,663	27,1	0,449	0,9	0,864	2,75	0
СЗФО	44,2	0	22,1	0,072	34,4	0,264	32,9	0,119	0,6	1	2,3	0,196
ЮФО	8,1	1	13,3	0,599	30,2	0,425	28,7	0,358	0,9	0,864	2,4	0,152

ПФ О	27,5	0,463	16,1	0,431	18,1	0,889	19,7	0,869	1	0,818	2,1	0,283
УФ О	31,5	0,352	6,6	1	41,3	0	18,1	0,960	1,4	0,636	0,45	1
СФ О	23,5	0,573	22,6	0,042	19,2	0,847	17,4	1	2,8	0	1,65	0,478
ДВ ФО	22,7	0,596	15,9	0,443	15,2	1	35	0	2,3	0,227	2,55	0,087

Собственные значения и собственные вектора ковариационной матрицы были рассчитаны с помощью встроенных функций программы Mathcad:  $\text{eigenvals}(K)$  – вычисляет собственные значения матрицы  $K$ ;  $\text{eigenvecs}(K)$  – вычисляет собственные векторы, соответствующие собственным значениям матрицы  $K$ .

**Результаты и обсуждение.** Результаты расчетов представлены в Таблице 2.

Условие, обеспечивающее возможность построения интегрального показателя в форме линейной функции (2), имеет вид [6]:

$$\frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \geq 0,55, (3)$$

где  $\lambda_1$  - наибольшее собственное значение ковариационной матрицы  $K$ .

Таблица 2

Год	Собственные значения и весовые коэффициенты						
2009	$\lambda_j$	0,259	0,194	0,137	0,053	0,012	0,000136
	$w_j$	0,07	0,02	0,12	0,36	0,28	0,15
2010	$\lambda_j$	0,25	0,19	0,164	0,064	0,029	0,013
	$w_j$	0,13	0,01	0,27	0,34	0,23	0,02
2011	$\lambda_j$	0,275	0,197	0,0000162	0,0,103	0,067	0,027
	$w_j$	0,004	0,221	0,185	0,262	0	0,328

В нашем случае для всех трех временных моментов это условие не выполняется, т.к. для 2009, 2010, 2011 годов это отношение равно соответственно: 0,395; 0,352; 0,411. Наверное, этим можно объяснить разброс значений весовых коэффициентов. Поскольку в [6] не приводится объяснение условия (3), ограничивающего возможность использования модифицированной главной компоненты, расчет интегрального показателя природной среды был продолжен. В результате были получены значения ППС для субъектов РФ, а также рейтинг субъектов, см. Таблица 3. Значения ППС могут быть использованы при расчете обобщенного показателя природной среды, а рейтинги – для принятия управленческих решений по улучшению ситуации с соблюдением санитарно-гигиенических норм.

Таблица 3

### Результаты расчета для субъектов РФ

Субъект	ППС			Рейтинг		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
ЦФО	0,315868	0,342267	0,242254	7	6	6
СЗФО	0,41029	0,246167	0,160224	6	7	7
ЮФО	0,548261	0,64385	0,358711	4	4	4
ПФО	0,721099	0,722573	0,582033	1	1	3
УФО	0,59848	0,43512	0,801987	2	5	1
СФО	0,577946	0,681965	0,587074	3	2	2
ДВФО	0,547096	0,644128	0,313832	5	3	5

Устойчивое улучшение этой ситуации показали Центральный и Сибирский федеральные округа, ухудшение ситуации имеют Северо-западный и Поволжский

федеральные округа, Уральский и Дальневосточный федеральные округа имеют неустойчивую ситуацию и стабильно 4-е место занимает Южный федеральный округ.

Аналогичные расчеты были выполнены для субъектов ЮФО, за исключением Республики Адыгея из-за отсутствия необходимых данных. Результаты расчетов представлены в Таблице 4. Надо отметить, что условие (3) для 2009, 2010, 2011 годов соответственно составило: 0,472; 0,510; 0,648. Другими словами, условие (3), обеспечивающее использование (2), для данных 2009 и 2010 годов не выполняется, а для 2011 – выполнено. Результаты расчета для ЮФО показали следующее. Стабильное 1-е место занимает Астраханская область, такое же постоянство показывает и Ростовская область, к сожалению, занимая самое последнее место. В Республике Калмыкия и Краснодарском крае ситуация с окружающей средой ухудшилась, а в Волгоградской области наблюдается постоянное улучшение.

Таблица 4

**Результаты расчета для ЮФО**

ЮФО	ППС			Рейтинг		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Республика Калмыкия	0,861618	0,43928	0,582354	2	4	4
Краснодарский край	0,723406	0,755356	0,584307	3	2	3
Астраханская область	0,881015	0,829133	0,857505	1	1	1
Волгоградская область	0,23756	0,729089	0,68546	4	3	2
Ростовская область	0,048228	0,340768	0,179515	5	5	5

**Заключение.** Использование модифицированной главной компоненты для построения показателя природной среды показало:

- 1) алгоритм расчета достаточно прост, для его применения достаточно стандартных программ Excel и Mathcad;
- 2) надёжность расчетов может быть поставлена под сомнение из-за возможного невыполнения условия (3);
- 3) получаемый интегральный показатель удобен для сравнительной характеристики территорий;
- 4) расчетные значения показателя и рейтинги территорий являются таковыми только для рассматриваемого набора объектов, и при добавлении ещё одного объекта должны быть пересчитаны.

Надо отметить, что в [6] при невыполнении условия (3) предлагается разбиение исходного набора данных на блоки, вычисление для каждого блока своего показателя на основе модифицированной главной компоненты, а затем построение сводного интегрального показателя. При этом показатели, входящие в один блок, должны иметь относительно высокую корреляцию, а - в разные – быть слабо коррелированы. В нашем случае, во-первых, показателей слишком мало для их разбиения на блоки, во-вторых – все показатели слабо коррелированы между собой.

**Примечания:**

1. Медик В.А., Юрьев В.К. Общественное здоровье и здравоохранение: учебник. М.: Проффессионал, 2009. 432 с.: ил.
2. Машнева Н.И., Сукальская С.Я. Исследование роли общественно значимых показателей в обосновании величины здоровья. // Радиационная гигиена, Сб. науч. трудов ЛНИИРГ. Л., 1982, с. 34-39.
3. Интегральная оценка состояния здоровья населения на территориях. Методические указания. Утверждены Главным санитарным врачом РФ 25.09.1995.
4. Макарова И.Л. Исследование моделей интегральных показателей здоровья населения.// Известия СГУ, 2012. № 4(22), с.85-90.

5. Макарова И.Л. Методический подход к построению интегральной оценки здоровья населения // Сибирская финансовая школа. 2013. № 4. С. 39-42.
6. Бородкин Ф.М., Айвазян С.А. Социальные индикаторы: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Статистика» и другим экономическим специальностям. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 607 с.
7. Статистический сборник «Охрана окружающей среды в России»/  
[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139919459344](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344).
8. Российский статистический ежегодник. 2012: Стат.сб./Росстат. М., 2012. 786 с.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели 2012 г. /  
[http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/05-02.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/05-02.htm)
10. Здравоохранение в России. 2011 / Статистический сборник / М.: Росстат, 2011. 326 с.

UDC 311:61

### Consideration of Environment Status in the Assessment of Public Health

Irina L. Makarova

Sochi State University, Russian Federation  
354000 Sochi, 26a Sovetskaya St.  
PhD (technical) Assistant Professor  
E-mail: [ratton@mail.ru](mailto:ratton@mail.ru)

**Abstract.** The article describes a method which takes account of environment status in the assessment of public health. The method is based on the data of statistical observations for comparative description of different territories. The author presents environmental indicators for the entities of the RF and the Southern Federal District, as well as the corresponding rating results for these entities.

**Keywords:** environmental indicator; integrated indicator of public health; modified main component; statistical indicators.