

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: НОРМИРОВАНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ

О.М. Розенталь, Л.Ф. Кардашина

Академия стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России. Уральский филиал
620219, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 2а

УДК 389.1.663.61

Розенталь Олег Моисеевич - директор Уральского филиала Академии стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России, доктор технических наук, профессор.
Область научных интересов: химия, технология и сертификация питьевой воды, материалов и оборудования, применяемых в водохозяйственной деятельности.
Автор более 300 работ

Кардашина Людмила Федоровна - заведующая кафедрой метрологии Уральского филиала Академии стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России, кандидат химических наук.
Область научных интересов: химия, технология и сертификация питьевой воды, материалов и оборудования, применяемых в водохозяйственной деятельности.
Автор более 80 работ

Проанализирована корреляция между качеством питьевой воды и здоровьем населения Свердловской области с целью использования показателей качества при определении очередности работ по водоочистке в разных населенных пунктах, имеющих разный состав воды. Показано, что балльная система оценки качества, опирающаяся на концепцию предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязнителей воды, для достижения этой цели неэффективна. Только с учетом вклада в показатели качества всех загрязнителей, в том числе и тех, концентрация которых в воде меньше ПДК, позволяет достичь поставленной в работе цели.

Обеспечение населения России питьевой водой стандартного качества является важнейшей задачей государства, для решения которой подключена государственная служба стандартизации, метрологии и сертификации [1,2]. Фактически хозяйственно-питьевая вода большей части России не удовлетворяет требованиям государственного стандарта ГОСТ 2874-82. Повысить качество воды повсеместно и по всем показателям ни экономически, ни технически невозможно, поэтому разрабатываемые программы предусматривают поэтапное решение проблемы. В разных регионах (и населенных пунктах) качество воды нарушено по различным показателям, вследствие чего обоснованный выбор очередности этапов указанных программ возможен только при наличии методики опре-

деления приоритетных направлений работ. Можно назвать большое количество технических мероприятий, которые не оказались эффективными по той причине, что такие приоритеты определялись неверно. Отметим, что поскольку решение проблемы питьевой воды России растягивается на десятилетия, такие ошибки неизбежны для здоровья не только отдельных людей, но и целых поколений.

В сложившейся ситуации особенно важно создание методики определения приоритетов при составлении поэтапных программ решения проблемы питьевой воды. Для этого необходимо уметь вычленять наиболее значимые для здоровья показатели качества воды с целью ее улучшения в тех регионах, где негативное влияние водного фактора особенно велико. Требуемая

методика могла бы быть создана и аттестована в рамках "Системы сертификации питьевой воды", однако в настоящее время эта работа тормозится вследствие недостаточного знания корреляции качества питьевой воды и заболеваемости населения [2.3]. В данной работе такая корреляция изучена на примере детского населения Свердловской области.

Для анализа зависимости показателей здоровья детей от качества питьевой воды были выбраны населенные пункты региона, в которых статистическая отчетность по выбранным

группам показателей оказалась достаточно полной. При решении поставленной задачи данные по качеству питьевой воды сопоставлялись с показателями заболеваемости детей по группам общей заболеваемости (Y_1), инфекционных болезней (Y_2), заболеваний крови и кроветворения (Y_3), заболеваний органов пищеварения (Y_4) и заболеваний мочеполовой системы (Y_5). Данные по указанным группам заболеваний в пересчете на число случаев на 1000 человек брали из годового отчета по медицинской статистике (табл. 1).

Таблица 1
Заболеваемость детей по Департаменту образования Свердловской области

Населенный пункт	Заболеваемость				
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
Полевской	888	42	6	22	19
Нижняя Тура	1370	104	21	120	37
Екатеринбург	1676	128	6	99	59
Верхняя Пышма	1352	96	13	123	19
Ивдель	1617	137	11	37	48
Ирбит	2029	209	10	119	50
Алапаевск	1908	153	8	98	24

Ниже заболеваемость детей сопоставлена с качеством употребляемой ими питьевой воды. Для этого показатели качества воды объединяли по трем группам в соответствии с ГОСТ 2874-82: органолептической, токсикологической и эпидемиологической. В расчетах использовались среднегодовые цифры по каждому показателю. Суммарный показатель качества воды по каждой из групп находился по уравнению

$$X = \sum(C_i / \text{ПДК}_i), \quad (1)$$

где X - среднегодовой показатель качества воды по одной из групп; C_i - среднегодовая концентрация i -й примеси в данной группе; ПДК_i - ее предельно допустимая концентрация по ГОСТ 2874-82. Таким образом, качество воды оценивалось в единицах ПДК, однако, в отличие от [4], мы учитывали вклад в X всех примесей, а не только тех, для которых $C_i > \text{ПДК}_i$.

Полученная по уравнению (1) сумма показателей для органолептической группы примесей в дальнейшем обозначена X_1 , для токсикологи-

ческой группы X_2 и для эпидемиологической группы X_3 . Суммарный показатель по всем трем группам обозначен как X_4 :

$$X_4 = X_1 + X_2 + X_3. \quad (2)$$

При выполнении работы определяли также влияние примесей воды на здоровье детей по методике [4], не учитывающей вклад в X примесей, для которых $C_i > \text{ПДК}_i$. Полученные при этом суммарные показатели по трем указанным группам примесей обозначены соответственно X_5 , X_6 и X_7 . Кроме того, для сравнительной оценки использовались также отчетные показатели Свердловского областного центра санитарно-эпидемиологического надзора по таким (ОЦСЭН) же трем группам X_8 , X_9 , X_{10} .

Таким образом, органолептическую группу примесей характеризовали величины X_1 , X_5 и X_8 ; токсикологическую группу - X_2 , X_6 , X_9 и эпидемиологическую группу - X_3 , X_7 , X_{10} .

Количественные оценки качества питьевых вод приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Оценка качества питьевых вод некоторых населенных пунктов Свердловской области за 1994 г.

Населенный пункт	Показатели нагрузки на население									
	органолептические			токсикологические			эпидемиологические			$X_1 + X_2 + X_3$
	X_1	X_5	X_8	X_2	X_6	X_9	X_3	X_7	X_{10}	X_4
Полевской	7,8	2,6	1,0	4,2	2,6	2,7	1,0	1,0	3,0	13,0
Н. Тура	6,6	4,0	1,7	5,1	2,8	5,0	1,3	1,3	9,0	13,1
Екатеринбург	8,3	2,7	2,4	4,2	2,1	1,7	1,2	1,1	4,2	13,7
В. Пышма	7,3	1,0	1,6	5,3	2,2	1,0	1,4	1,3	6,8	13,9
Ивдель	6,9	2,6	10,9	5,7	3,7	1,0	1,7	1,6	3,6	14,2
Ирбит	8,9	1,5	3,1	5,8	2,0	1,7	1,3	1,2	4,3	15,9
Алапаевск	8,6	5,4	14,7	6,1	3,9	3,2	1,5	1,5	10,8	16,2

Изучение зависимостей $Y = f(X)$ по данным таблиц 1 и 2 осуществлялось методом корреляционного анализа [5] с определением коэффициентов корреляции функции и аргумента в линейных уравнениях регрессии. При этом оценка достоверности наличия искомой зависимости по результатам математической обработки приведенных в этих таблицах данных производилась по величинам коэффициентов множественной и парной корреляций, а также по знаку коэффициентов при аргументах в регрессионных уравнениях. Наличие зависи-

мости признавалось недостаточно доказанным при величинах множественной корреляции меньше 0,3 и при величинах парной корреляции меньших 0,5. Отрицательное значение коэффициентов при аргументах считалось противоречащим общеизвестным данным о том, что положительного влияния загрязнений вод на здоровье человека не отмечалось, за исключением влияния отдельных примесей в ограниченных интервалах концентраций.

Были получены следующие результаты:

$$Y_1 = -2566,4 + 304,4X_1 + 73,3X_2 + 1024,9X_3,$$

$$Y_2 = -346,2X_1 + 31,0X_2 + 31,0X_2 + 31,4X_3,$$

$$Y_3 = 57,6 - 7,1X_1 + 9,2X_2 - 29,4X_3,$$

$$Y_4 = 85,9 - 8,0X_1 + 57,3X_2 - 171,4X_3,$$

$$Y_5 = -29,7 + 8,8X_1 - 16,8X_2 + 64,4X_3,$$

$$Y_1 = -1991,7 + 247,0X_4,$$

$$Y_2 = -339,7 + 32,4X_4,$$

$$Y_3 = 27,7 - 1,2X_4,$$

$$Y_4 = -61,4 + 10,4X_4,$$

$$Y_5 = 24,4 + 0,8X_4,$$

$$R_3 = 0,50 \quad (3)$$

$$R_4 = 0,36 \quad (4)$$

$$R_5 = 0,63 \quad (5)$$

$$R_6 = 0,00 \quad (6)$$

$$R_7 = 0,00 \quad (7)$$

$$R_8 = 0,84 \quad (8)$$

$$R_9 = 0,82 \quad (9)$$

$$R_{10} = -0,29 \quad (10)$$

$$R_{11} = 0,33 \quad (11)$$

$$R_{12} = 0,07 \quad (12)$$

где R - коэффициент корреляции. Здесь и далее нижний индекс относит R к соответствующему уравнению.

Если исходить из изложенных выше критериев, то достаточно доказанным можно считать наличие связи между суммарным загрязнением вод по всем трем группам примесей и частотой заболеваний по группам общих (Y_1) и инфекционных (Y_2) заболеваний. Особенно высокими для данных групп заболеваний оказались коэффициенты парных корреляций R_8 и R_9 , характеризующих влияние на здоровье

детей всей суммы загрязнений по трем группам примесей (X_4).

Графически результаты статистических исследований по отношению к этим двум группам заболеваний приведены на рис. 1 и 2 (номера точек соответствуют порядковому номеру города в табл. 1).

Данные этих рисунков наглядно демонстрируют наличие довольно тесной корреляции

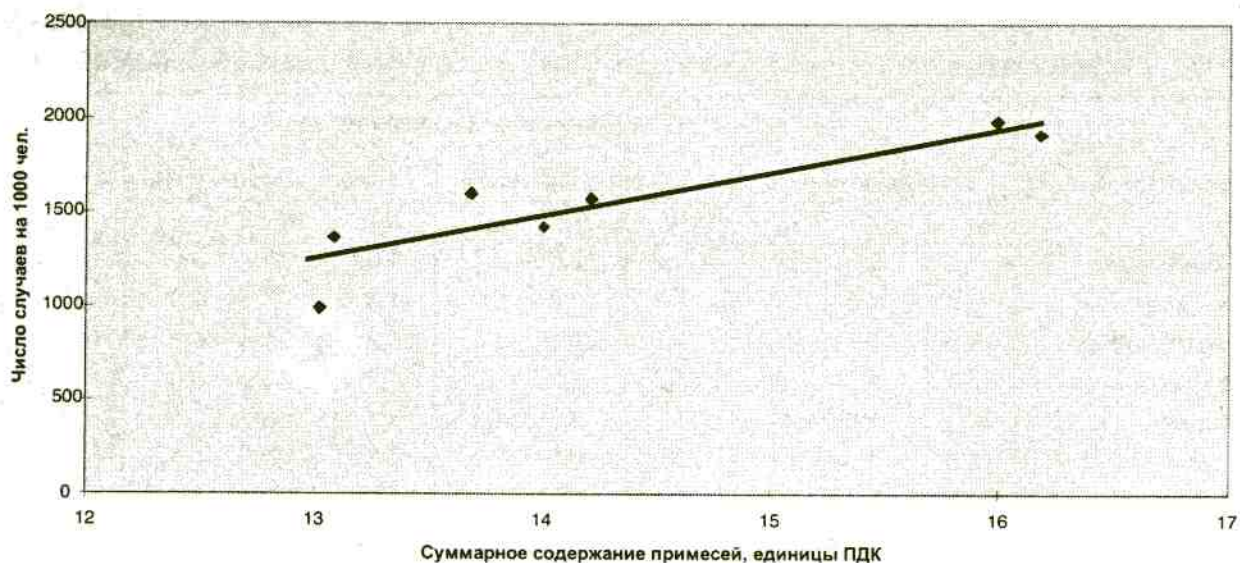


Рис. 1. Зависимость между уровнем общей заболеваемости (Y_1) и суммарным содержанием в воде примесей всех трех групп (X_4): \blacklozenge отчетные показатели — по уравнению (8)

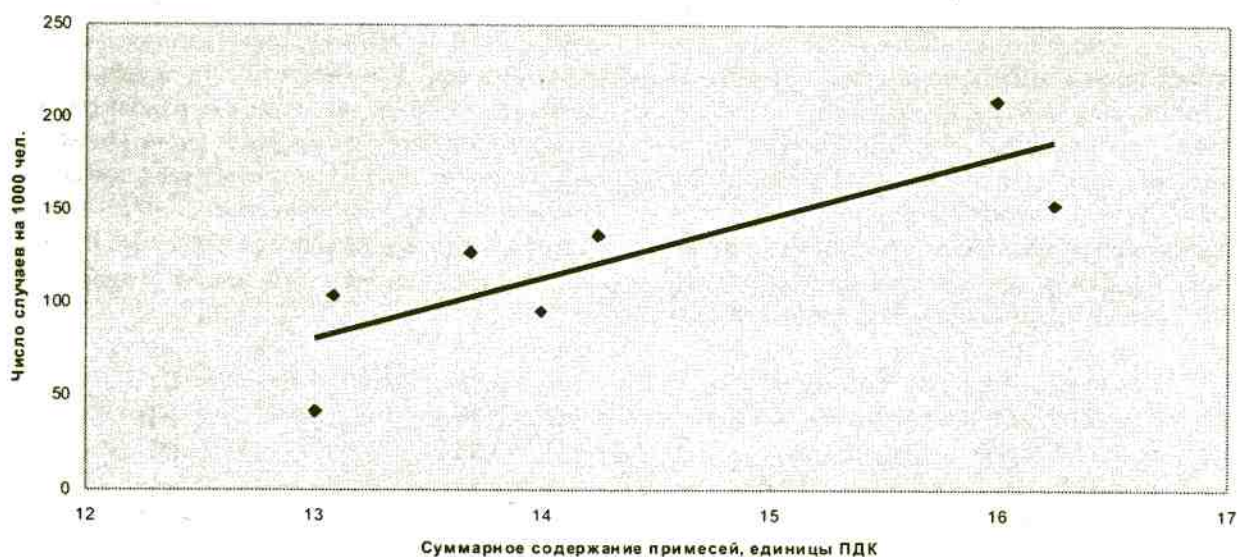


Рис. 2. Зависимость между числом инфекционных заболеваний (Y_2) и суммарным содержанием в воде примесей всех трех групп (X_4): \blacklozenge отчетные данные — по уравнению (9)

между рассматриваемыми величинами. Причем значения коэффициентов при X_1 , X_2 и X_3 , таковы, что можно сделать вывод о том, что "вклады" всех трех групп примесей в общие и

инфекционные заболеваемости сопоставимы между собой. Об этом можно судить и по следующим простым регрессиям:

$Y_1 = -265,1 + 223,0X_1,$	$R_{13} = 0,54$	(13)
$Y_2 = -107,9 + 29,9X_1,$	$R_{14} = 0,52$	(14)
$Y_1 = -210,8 + 338,8X_2,$	$R_{15} = 0,67$	(15)
$Y_2 = -115,0 + 46,1X_3,$	$R_{16} = 0,68$	(16)
$Y_1 = 448,9 + 98,9X_3,$	$R_{17} = 0,46$	(17)
$Y_2 = -7,7 + 98,9X_3,$	$R_{18} = 0,40$	(18)

Пониженные значения коэффициентов R_{17} и R_{18} заставляют признать, что влияние загрязнителей третьей группы (эпидемиологи-

ческой) проявляется при статистическом анализе не столь отчетливо, как органолептической и токсикологической групп. Это противоречит

смысловому значению эпидемиологических показателей качества питьевой воды и, в некоторой степени, может быть объяснено недостаточно качественной и полной статистической отчетностью по данным группам примесей.

В целом же, значения частных коэффициентов парных корреляций в уравнениях (13) - (18) существенно меньше значений R_8 и R_9 , что свидетельствует о приоритете влияния на здоровье детей показателя X_4 , характеризующего суммарную нагрузку примесей всех трех групп на организм человека.

Аналогичные исследования зависимостей числа заболеваний от качества вод были проведены для характеристик питьевой воды.

определенных по методике [4] (X_5, X_6, X_7), а также данных ОЦСЭН (X_8, X_9, X_{10}). Полученные при этом результаты представлены в табл.3 в виде значений коэффициентов корреляции для методики авторов (R), для методики [4] (R'') и для отчетных данных ОЦСЭН (R''').

Полученные результаты показывают, что по принятым критериям достаточно достоверных зависимостей для Y_3, Y_4 и Y_5 не было получено ни в одном из вариантов. Даже несмотря на то, что полученные зависимости "проходили" по значениям R'' и R''' для X_4 (табл.3), тем не менее их достоверность не могла быть принята из-за отрицательного знака коэффициентов при аргументе:

$$Y_4 = -17,0 + 34,4X_8 - 123,4X_9 + 267,9X_{10}, \quad R_{19} = 0,90 \quad (19)$$

$$Y_4 = 111,6 - 13,1X_5 - 123,4X_6 + 267,9X_7, \quad R_{20} = 0,64 \quad (20)$$

Таблица 3

Сравнительная оценка результатов статистического анализа по величинам множественных и парных корреляций

N п/п	Вид уравнения	Значения коэффициентов корреляций		
		R	R''	R'''
1	$Y_1 = f(X_1, X_2, X_3)$	0,50	0,77	0,00
2	$Y_2 = f(X_1, X_2, X_3)$	0,36	0,42	0,32
3	$Y_3 = f(X_1, X_2, X_3)$	0,63	0,00	0,00
4	$Y_4 = f(X_1, X_2, X_3)$	0,00	0,64	0,90
5	$Y_5 = f(X_1, X_2, X_3)$	0,00	0,00	0,00
6	$Y_1 = f(X_4)$	0,84	не оценивались	
7	$Y_2 = f(X_4)$	0,82	не оценивались	
8	$Y_1 = f(X_1)$	0,54	0,52	0,16
9	$Y_2 = f(X_1)$	0,52	0,28	-0,21
10	$Y_1 = f(X_2)$	0,67	-0,18	0,13
11	$Y_2 = f(X_2)$	0,68	-0,38	0,10
12	$Y_1 = f(X_3)$	0,46	0,36	0,39
13	$Y_2 = f(X_3)$	0,40	0,05	0,00

Что касается результатов для Y_1 и Y_2 , то по принятым критериям методика [4] и данные ОЦСЭН не дали положительных результатов. Там, где значения R'' и R''' были значимыми,

достоверность искомой зависимости не подтверждалась из-за отрицательных коэффициентов при аргументах:

$$Y_1 = 1836,2 - 72,7X_1 - 630,9X_2 + 302,8X_3, \quad R_{21} = 0,77 \quad (21)$$

$$Y_2 = 196,1 - 10,8X_1 - 84,8X_2 + 36,8X_3, \quad R_{22} = 0,42 \quad (22)$$

$$Y_2 = -76,6 + 11,3X_1 - 98,1X_2 + 348,0X_3, \quad R_{23} = 0,32 \quad (23)$$

Таким образом, расчеты по методике [4] и по отчетным данным ОЦСЭН ни по одному из рассмотренных вариантов не дали достаточных оснований считать установленными зависимости между числом заболеваний и качеством питьевых вод. Расчеты по предложенной в данной работе методике такие основания дают, причем в отношении Y_1 и Y_2 эти зависимости имеют высокие значения коэффициентов корреляции. В целом по результатам исследований с использованием этой методики и данных табл. 1, следует вывод о том, что наиболее срочные меры по повышению качества питьевой воды необходимо предпринимать в г. Ирбите. При составлении программы поэтапного решения проблемы питьевой воды в рассмотренных населенных пунктах приоритетность работ увеличивается в следующем ряду: Полевской, В.Пышма, Н.Тура, Ивдель, Екатеринбург, Алапаевск, Ирбит. Качество питьевой воды ухудшается в ряду, представленном в табл. 1. В данном случае при общепринятом определении первоочередности осуществления мероприятий по водоочистке, ориентированном на табл.2 показатели, может быть допущена большая техническая ошибка, имеющая серьезные социально-гигиенические последствия.

Таким образом, предложенный в данной работе подход к определению корреляции показателей качества питьевых вод и заболеваемости населения проявил свое очевидное преимущество перед принятыми подходами, опирающимися на концепцию ПДК, предполагающую пренебрежение влиянием тех примесей, концентрация которых в воде ниже ПДК. Новый подход согласован с современной концепцией экологического нормирования при определении экологически детерминированных заболеваний [6]. Здесь упор делается на оценке суммарного воздействия примесей воды на здоровье людей вне зависимости от соотношения

C_i и ПДК $_i$.

Полученные в данной работе результаты указывают на принципиальную возможность создания статистической методики определения приоритетов при разработке программ поэтапного решения проблемы питьевой воды. Разработка и аттестация такой методики будет вкладом "Системы сертификации питьевой воды" в решение важнейшей хозяйственной задачи государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Е.Н., Подунова Л.Г., Симкалов А.Н. Анализ состояния водоснабжения и заболеваемости населения, связанной с водным фактором: Бюллетень Госкомсанэпиднадзора РФ "Здоровье населения и среда обитания". 1996. №10. С.8.
2. Круглов Н.С., Кардашина Л.Ф., Розенталь О.М., Сурсяков В.Н. Проблема стандартизации питьевой воды в России: Тезисы докладов 3 международного конгресса "Вода:экология и технология", Экватек-98. М. 1998. С.269-270.
3. Кардашина Л.Ф., Симкалов А.Н., Розенталь О.М. и др. Доочистка питьевой воды как средство улучшения здоровья детей. Екатеринбург: Уральский филиал АСМС Госстандарта России, 1998. С.110.
4. Региональные методические указания по контролю за загрязнением среды обитания населения. Руководство по санитарно-гигиеническому контролю за качеством питьевой воды Свердловского областного центра санэпиднадзора. Екатеринбург, 1993.
5. Форстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. М.: Финансы и статистика, 1983. 302 с.
6. Шишко В.И., Ястребов А.П., Кузнецов Н.Н. и др. Сопряженность состояния репродуктивного здоровья населения Урала с экологическими воздействиями: Экологоводохозяйственный вестник. Екатеринбург: УГТУ, 1998. Вып.3. С.21.

* * * * *