

УДК

КОНТРОЛЬ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОД НА ФОНОВОМ И КОНТРОЛЬНОМ СТВОРАХ

© 2011 г. С.В. Михеева¹, О.М. Розенталь²

¹Межрегиональное территориальное управление Росстандарта, г. Екатеринбург

²Институт водных проблем Российской академии наук, Москва

Ключевые слова: сброс загрязняющих веществ, контроль качества, изменчивость показателей качества воды, природный фон, контрольный створ.

Исследована возможность контролирования сбросов загрязняющих веществ в водоток по результатам наблюдения за качеством воды на фоновом и контрольном створах. Эта задача, актуальная в условиях ограниченных прав органов государственного контроля на посещение предприятий, решена с учетом пространственно-временной изменчивости показателей качества вод. Показано, что с удовлетворительной точностью контроль сброса может быть выполнен при наличии информации о функции распределения концентрации примеси. Сформирована надстройка для Excel, позволяющая в случае автоматического введения исходных данных быстро устанавливать факт выполнения/нарушения водопользователем установленных требований.

Наблюдение за качеством воды, а также за выполнением требований, предъявляемых к водопользователям, осуществляется по результатам государственного и производственного контроля. При этом возможны арбитражные ситуации, когда каждая из сторон стремится истолковать результаты имеющихся в ее распоряжении данных лабораторных исследований в свою пользу: водопользователь настаивает на выполнении установленных требований, а госконтроль (надзор) – на их нарушении, иногда путем исключения «невыгодных» данных как незначимых. С учетом действующих законов от 02.12.2001 № 294-ФЗ и от 26.04.2010 № 66-ФЗ, касающихся защиты юридических лиц, органы государственного контроля не могут самостоятельно сформировать репрезентативную выборку для доказательства своей правоты, если

частота их посещений предприятий резко ограничена. Тем не менее, независимая от производственной лаборатории оценка водопользования часто необходима.

В данной работе рассматривается возможность контроля путем наблюдения за качеством воды на фоновом и контрольном створах, расположенных, соответственно, выше и ниже выпуска сточных вод, в зоне полного смешения (рис. 1) при условии, что посторонние источники загрязнения между створами незначительны. Такой опосредованный контроль не составил бы труда, если показатели качества природных и сточных вод оставались постоянными. В этом случае увеличение концентрации загрязняющих веществ на контрольном створе, по сравнению с концентрацией на фоновом створе, однозначно свидетельствовало бы о недопустимом повышении сбросов. На практике задача осложняется тем, что качество сточных и природных вод, особенно малых и средних рек, в промышленных регионах, характеризуется пространственной и временной изменчивостью, так что по периодическим, а тем более, по однократным измерениям невозможно сделать надежные выводы. Возникающие при периодическом контроле, так называемые, ошибки выборки [1, 2] создают риск принятия ложных заключений. Так, например, согласно рис. 2, если бы контроль качества осуществлялся на пробах, отобранных 7, 8, 11 или 16–19 августа, то по исследуемому показателю было бы принято решение о соответствии вод установленному требованию, хотя в другие дни это требование нарушается.

Рис. 1

Рис. 2

Характерные для реки, протекающей в промышленной зоне, временные развертки показателей качества воды приведены на рис. 3. В данном случае концентрация меди, азота и минерализация могут ежемесячно изменяться по порядку величины. Не менее ярко выражена изменчивость и других показателей качества, прежде всего на створах рек, испытывающих повышенную антропогенную нагрузку. Еще более изменчивыми могут быть показатели качества сточных вод.

Рис. 3

В ситуациях, создающих существенный риск принятия ошибочных решений, в мировой практике рекомендуются методы риск-менеджмента. Принципы разработки

таких методов заложены в международном стандарте ISO 31 000 «Risk management – Principles and guidelines» (Риск-менеджмент – Принципы и руководящие указания), появление которого в 2009 г. стало «знаковым» событием международной политики в области управления статистическими процессами, к каковым, без сомнения, относится и водоотведение [2].

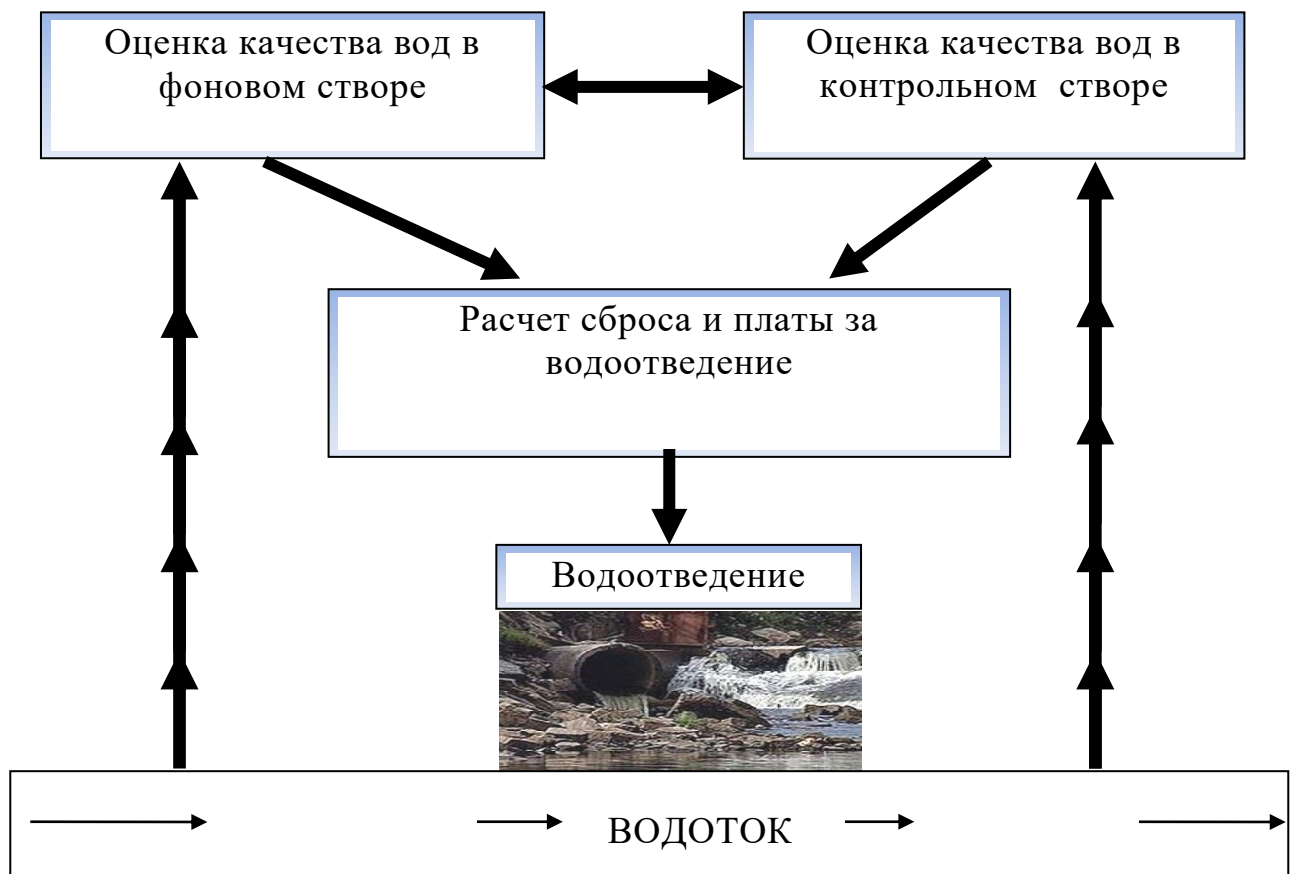
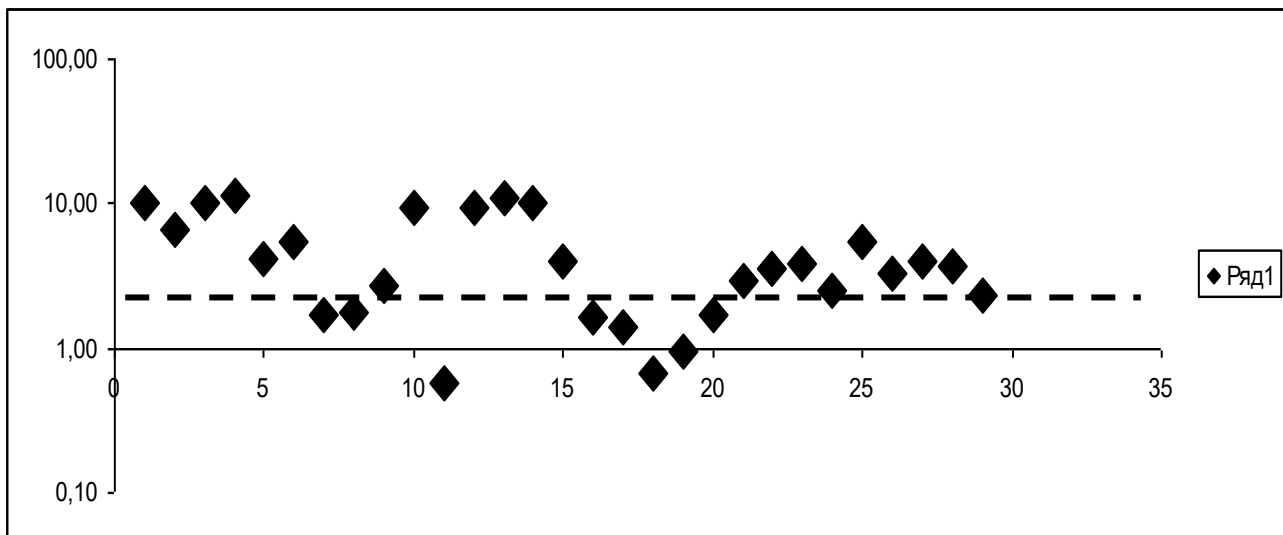


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая решение задачи об опосредованном контроле сброса загрязняющих веществ в реку путем наблюдения за качеством вод на створах, расположенных выше и ниже точки водоотведения.



Даты (дни)

Рис. 2. Результаты ежедневного измерения концентрации акриловой кислоты (мкг/л) в р. Исети на створе ниже г. Каменск-Уральский, 1–30 августа 2003 г. (штриховой линией отмечена ПДК_{рх}).

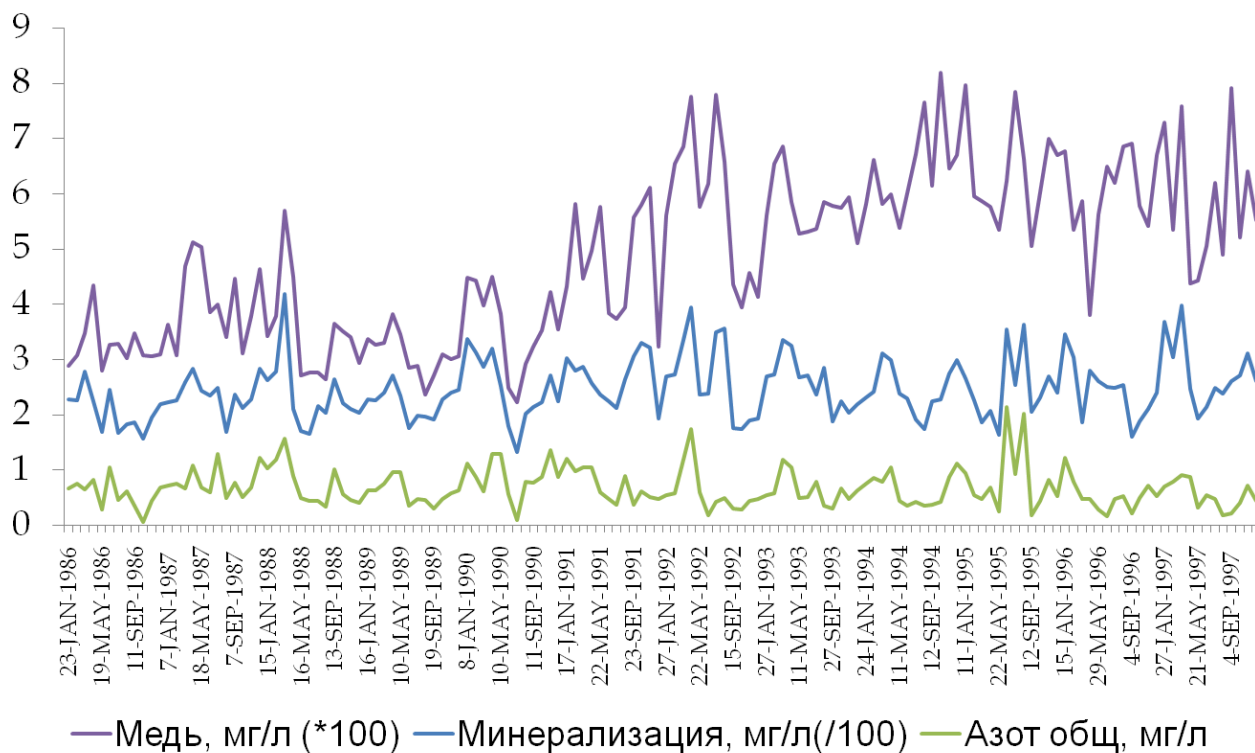


Рис. 3. Результаты ежемесячного наблюдения концентрации показателей загрязнения р. Исеть – створ д. Палкино в 1986–1997 гг.

Понимание термина «риск» в ISO 31000:2009 как «воздействие неопределенности на цели», отличается от классического подхода Фрэнка Найта (см., например, [1]), рассматривающего риск как «измеримую неопределенность». В новом подходе, в рамках так называемой «неоклассической экономической модели», принимается, что риск сопряжен с отклонением от поставленной цели, создающим убытки (ущерб, потери). Поэтому разработчик стандарта ISO 31000:2009 – Рабочая Группа Технического Руководящего Бюро ИСО (ISO Technical Management Board Working Group on Risk management) – исходил из того, что принятию решений неизменно сопутствует фактор неопределенности. Риск-менеджмент по ISO 31000:2009 базируется на оценке полученных показателей с учетом вероятности ошибки вследствие фактора неопределенности. При этом у организаций появляется возможность оценить существующие методики и целесообразность их использования. Одной из таких методик может служить та, которая предлагается ниже и распространяется на контроль сброса загрязняющего воду вещества в условиях изменчивости показателей качества природных и сточных вод.

Пусть в водоток с расходом воды Q_1 осуществляется сброс загрязняющих веществ с «расходом» сточных вод Q_2 (рис. 1). Пусть соответствующие «расходы» загрязняющего вещества в потоках природных и сточных вод – r_1 и r_2 , так что суммарные «расходы» – Q_1+Q_2 и r_1+r_2 .

Связь величин C_1 , C_2 , C (концентрации загрязняющего вещества в природной воде, в сбросах и в воде после смешения, соответственно) следующая:

$$C = \frac{r_1 + r_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{C_1 Q_1}{Q_1 + Q_2} + \frac{C_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} = (1 - \alpha) C_1 + \alpha C_2, \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$.

В условиях непостоянства (изменчивости) концентрации загрязняющего вещества в природных и сточных водах вместо (1) записываем следующее выражение для смеси распределений:

$$f(C) = (1 - \alpha) f_1(C) + \alpha f_2(C), \quad (2)$$

где f , f_1 , f_2 – плотности распределений вероятностей, или

$$F(C) = (1 - \alpha) F_1(C) + \alpha F_2(C),$$

где F , F_1 , F_2 — функции распределений вероятностей.

Для смеси распределений математическое ожидание и дисперсия равны:

$$M = (1 - \alpha)m_1 + \alpha m_2, \quad (3)$$

$$\sigma^2 = (1 - \alpha)(\sigma_1^2 + m_1^2) + \alpha(\sigma_2^2 + m_2^2) - M^2 = (1 - \alpha)\sigma_1^2 + \alpha\sigma_2^2 + \alpha(1 - \alpha)(m_1 - m_2)^2, \quad (4)$$

где $m_1, m_2, \sigma_1, \sigma_2$ – математические ожидания и среднеквадратические отклонения для функций f_1 и f_2 , соответственно.

Путем измерения концентрации в воде фонового створа можно получить оценки m_1, σ_1 , а контрольного створа — оценки M, σ_2 . Отсюда, при известных скоростях течения водотока и сточной воды, нетрудно простыми вычислениями найти:

$$m_2 = \frac{M - (1 - \alpha)m_1}{\alpha};$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sigma^2 - (1 - \alpha)\sigma_1^2 - \alpha(1 - \alpha)(m_1 - m_2)^2}{\alpha}.$$

Как видно, орган государственного контроля (надзора), в принципе, может контролировать объем сброса загрязняющих веществ без посещения водопользователя при наличии наблюдений на фоновом и контрольном створах. Так, принимая плотности $f_1(C)$ и $f_2(C)$ нормальными, при получении концентрации загрязняющего вещества в пробе на контрольном створе C^* , можно оценить вероятности природного загрязнения $(1 - \alpha)F_1(C^*)$ и загрязнения по вине водопользователя $\alpha F_2(C^*)$. Конечно, при этом остается открытым вопрос о законности использования нормальных функций распределения. Такова стандартная ситуация, когда в условиях малых выборок (на практике число проб явно невелико) между минимальным и максимальным выборочными значениями заключена лишь малая доля распределения. При этом выявить отклонения от нормального закона распределения, а тем более определить истинный закон не удастся. В то же время оправданием принятого приближения является тот факт, что целый ряд законов оказывается одинаково «хорошими» с точки зрения критериев согласия, например χ^2 -критерия Пирсона или контрольных карт Шухарта [2]. Поэтому в случаях, подобных описанному выше, применяется нормальная аппроксимация как наиболее удобная для практического использования.

На практике возможно использование разработанной авторами надстройки для Excel. В случае автоматического введения исходных данных это позволяет быстро

получать искомые результаты – оценивать вклады в общее загрязнение в створе ниже точки сброса загрязняющих веществ как природной («фон»), так и сточной воды по отдельности.

Один из результатов, полученных с применением предложенного метода контроля, приведен на рис. 4. Выбран случай, типичный для функции, характеризующей концентрацию меди в воде р. Исети (Свердловская обл.) в зоне крупных водопользователей, для которых объем сброса соразмерен с объемом загрязняющего вещества в водотоке.

В данном случае (случай 1) водоотведение приводит к снижению качества природной воды. Для исправления ситуации предприятие-водопользователь обязан снизить объем сброса загрязняющего вещества.

Рис. 4.

Практический интерес для водопользователей представляет оценка вклада промышленного водоотведения в качество природных вод. В этом случае для упрощения расчетов снова примем плотности $f_1(C)$ и $f_2(C)$ нормальными. Тогда $F_1(C^*) = f\left(\frac{C^* - m_1}{\sigma_1}\right)$, $F_2(C^*) = f\left(\frac{C^* - m_2}{\sigma_2}\right)$ – интегральные функции распределения.

Здесь также удобно пользоваться соответствующей надстройкой в Excel.

Продемонстрируем это для случая, когда с вероятностью 0,997 ($\pm 3\sigma$) природная концентрация загрязняющего вещества варьирует в диапазоне 22–34 ед. ПДК, а промышленное загрязнение – в диапазоне 15–21 ед. ПДК. Если мгновенная концентрация (в отобранной для анализа пробе воды) снова окажется на уровне $C^* = 30$, то тогда имеем (см. рис. 4, случай 2).

Как видно, здесь качество сточной воды даже несколько выше, чем показатель природного фона по рассмотренному загрязняющему веществу. Следовательно, водопользователь фактически не загрязняет водный объект.

Случай 1		Случай 2	
Исходные данные:		Исходные данные	
Параметр	Значение параметра	Параметр	Значение
$\alpha =$	0,5	$\alpha =$	0,5
$C^* =$	30	$C^* =$	30
$m_1 =$	29,00	$m_1 =$	28,00
$\sigma_1 =$	3,00	$\sigma_1 =$	2,00
$M =$	31,00	$m_2 =$	18,00
$\sigma =$	5,25	$\sigma_2 =$	1,00
Расчет:		Результат расчета:	
Искомый параметр	Значение параметра	Искомый параметр	Значение параметра
$m_2 =$	33,00	$F_1(C^*) =$	0,8413
$\sigma_2 =$	6,17	$(1-\alpha) F_1(C^*) =$	0,4207
$F_1(C^*) =$	0,6306	$F_2(C^*) =$	1,0000
$(1-\alpha) F_1(C^*) =$	0,3153	$\alpha F_2(C^*) =$	0,5000
$F_2(C^*) =$	0,3135	$F(C^*) =$	0,9207
$\alpha F_2(C^*) =$	0,1568	Вклад фонового загрязнения	0,54
$F(C^*) =$	0,4720	Вклад промышленного загрязнения	0,46
Результат расчета:			
Вклад фонового загрязнения:	0,33		
вклад промышленного загрязнения:	0,67		

Рис. 4. Результаты расчета системы автоматизированной оценки сброса загрязняющего вещества (на примере меди): случай 1 – данные по m_2 и σ_2 отсутствуют; случай 2 – данные по m_2 и σ_2 предоставлены предприятием и не требуют расчета.

Таким образом, судить об отведении загрязняющих веществ в природный водный объект, с определенной надежностью, можно путем сопоставления качества воды на фоновом и контрольном створах, находящихся выше и ниже выпуска сточных вод. Представленный метод косвенного контроля сбросов может быть полезен как органам государственного, так и производственного контроля. Во всяком случае, как показано в приведенных примерах, этот метод позволяет представить сторонам дополнительные аргументы при арбитражных спорах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рейлян Я.Р. Аналитическая основа принятия управленческих решений. М. : Финансы и статистика, 1989. 185 с.
2. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта: Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с.

Сведения об авторах:

Михеева Светлана Викторовна, к. э. н., доцент, руководитель, Уральское межрегиональное территориальное управление Росстандарта, Россия, 620041, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 2А, e-mail: kachestvo@uraltest.ru

Розенталь Олег Моисеевич, д. т. н., профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: mos@mirq.ru