

УДК

К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ

© 2011 г. О.А. Банникова, Е.Н. Бычкова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Свердловский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями»,
г. Екатеринбург*

Ключевые слова: водные объекты, нормативы качества воды, загрязняющие вещества, фоновая концентрация.

В статье представлена методика выделения фоновой составляющей железа



О.А. Банникова



Е.Н. Бычкова

общего, меди, цинка, марганца, содержание которых в реках Свердловской области превышает установленные значения предельно-допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) за счет природного фактора.

Вопросы установления региональных нормативов качества воды возникали давно, однако методология их разработки впервые была установлена в п. 7 «Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения», утвержденных Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 № 695 и зарегистрированных в Минюсте РФ 3.09.2009 за № 14702 (в дальнейшем Методические указания).

В соответствии с данным документом региональные нормативы для химических элементов, встречающихся в природных водах отдельных геохимических провинций в относительно повышенных или пониженных концентрациях, разрабатываются с целью

сохранения сформировавшегося под влиянием природных факторов состава воды водных объектов. Если на вещество существует утвержденный общероссийский норматив, то региональный норматив может быть установлен по сокращенной схеме. Для этого на региональных водных объектах должны быть проведены гидробиологические исследования на тест-объектах, оказавшихся лимитирующими при установлении общероссийского норматива. Величины нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ) веществ с учетом природных особенностей водных объектов указываются в абсолютном значении, а не в допустимом превышении концентрации над фоновым уровнем.

Установление региональных нормативов качества воды водных объектов, характеризующихся повышенным содержанием некоторых веществ (в т. ч. металлов), позволит не только уточнять уровни загрязнения поверхностных вод суши с учетом природных особенностей, но и принимать обоснованные управленческие решения в области охраны водных ресурсов, в том числе по нормативам допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты.

Конечной целью данной исследовательской работы является выделение фоновой (природной) составляющей некоторых характерных веществ, содержание которых в реках Свердловской области отличается от установленных значений предельно-допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) за счет природного фактора. К таким веществам отнесены железо общее, медь, цинк, марганец. Кроме того, рассматривалось содержание взвешенных веществ и органических веществ по ХПК, на которые не установлены четкие значения ПДК_{рх}, но в данной статье эти результаты не приводятся.

Для проведения исследований были выбраны несколько створов (фоновых створов) на реках Свердловской области, не подверженных прямой антропогенной нагрузке или имеющих минимальную антропогенную нагрузку. Для сравнения были взяты участки рек с существенной антропогенной нагрузкой (р. Пышма, ниже г. Березовского и р. Чусовая, ниже г. Первоуральска). Обязательным условием выбора фоновых створов являлось наличие результатов регулярных гидрологических наблюдений. Рассмотренные реки (Большой Пелым, Вагран, Лобва, Лозьва, Кунара, Решетка, Сосьва, Тагил) относятся к бассейну р. Тобола, р. Чусовая – к бассейну р. Камы. Из 92 створов государственной сети наблюдений на территории Свердловской области было выбрано всего 9 фоновых створов, их характеристики представлены в

табл. 1. Наблюдения в некоторых из них (р. Лозьва – с. Шабурово; р. Сосьва – д. Денежкино; р. Большой Пелым – с. Пелым) приостановлены в связи с их труднодоступностью.

Таблица 1. Краткие характеристики выбранных гидрологических постов

<i>Гидрологический пост</i>	<i>Расстояние пункта до устья, км</i>	<i>Площадь водосбора в створе пункта/общая площадь водосбора реки, км²</i>	<i>Общая длина реки, км</i>	<i>Период наблюдений</i>
Бассейн р. Тобола				
Бассейн р. Исети				
р. Решетка – в черте с. Новоалексеевского (приток р. Исети на 593 км)	20	$\frac{32}{178}$	26	1948–2009
Бассейн р. Туры				
р. Тагил – выше г. Верхний Тагил (приток р. Туры на 643 км)	391	$\frac{154}{10100}$	414	1986–2009
р. Тагил – ниже г. Нижний Тагил	266	$\frac{=}{10100}$	414	1969–2009
р. Кунара – выше г. Богданович (приток р. Пышмы на 430 км)	30	$\frac{443}{706}$	59	1974–2009
Бассейн р. Тавды				
р. Лозьва – в черте с. Шабурово (приток р. Тавды на 719 км)	37	$\frac{17300}{17800}$	637	1987–1994
р. Сосьва – в черте д. Денежкино (приток р. Тавды на 719 км)	477	$\frac{4390}{24700}$	635	1959–1993
р. Сосьва – в черте пос. Черноярский	333	$\frac{8260}{24700}$	635	1978–2009
р. Вагран – выше г. Североуральска (приток р. Сосьвы на 501 км)	62	$\frac{1380}{1620}$	137	1976–2009
р. Лобва – выше рп Лобва (приток р. Ляли на 72 км, бассейн р. Сосьвы)	34	$\frac{2940}{3250}$	222	1967–2009
р. Большой Пелым – в черте с. Пелым (приток р. Тавды на 602 км)	412	$\frac{4840}{15200}$	707	1965–1999
Бассейн р. Камы				
р. Чусовая – с. Косой Брод (впадает в Камское вдхр на 693 км)	534	$\frac{715}{23000}$	592	1942–2009
р. Чусовая – в черте г. Первоуральска	435	$\frac{2594}{23000}$	592	1966–1985
р. Чусовая – ниже г. Первоуральска	425	$\frac{2712}{23000}$	592	1986–2009

Примечание: – площадь водосбора в створе не определена в связи с отсутствием гидрологических постов.

На основе созданных и систематизированных массивов гидрологических и гидрохимических данных за период наблюдений, начиная с 1942 г., проведена

статистическая обработка полученной информации как за весь период наблюдений, так и с разбивкой по сезонам.

Расчет связей между расходами воды и гидрохимическими показателями (железа общего, меди, цинка, марганца) в рассматриваемых створах за весь период наблюдений без разбивки его на характерные сезоны показал очень слабую связь между расходами и концентрациями определяемых микроэлементов (медь, цинк); в отдельных створах отмечена слабая связь между расходами и концентрациями железа общего, по марганцу связь, как правило, слабая, в единичных случаях близкая к удовлетворительной (табл. 2).

Таблица 2. Таблица связей между концентрациями гидрохимических показателей и расходами воды

<i>Гидрологический пост</i>	<i>Коэффициент корреляции, r</i>	<i>Уравнение регрессии</i>	<i>Количество наблюдений</i>
Железо			
Сосьва – д. Денежкино	0,40	$y=0,087+0,261 \times \log_{10}(x)$	66 пар
Чусовая – с. Косой Брод	0,52	$y=0,585+0,0005 \times x^2$	234 пары
Марганец			
Большой Пелым – с. Пелым	0,49	$y=183,157 \times 4,990^{(1/x)}$	57 пар
Лозьва – с. Шабурово	0,84	$y=61,372+9768,772/x$	31 пара

Примечание: для числа членов ряда более 25 связь хорошая при $r \geq 0,87$ и удовлетворительная при $0,6 < r < 0,86$.

Оценка характера распределения концентраций в выбранных фоновых створах (табл. 3) показала, что содержания меди, марганца имеют значительную положительную асимметрию и подчинены, в основном, логнормальному, в некоторых случаях – экспоненциальному или гамма-распределению. Содержания железа и цинка также имеют положительную, но менее резкую асимметрию и подчинены, как правило, логнормальному закону, реже – нормальному или гамма-распределению.

Следует отметить, что для створов р. Лозьва – с. Шабурово и р. Сосьва – д. Денежкино был установлен нехарактерный вид распределения: для всех рассматриваемых веществ в р. Лозьва – с. Шабурово для меди, цинка и железа и в р. Сосьва – д. Денежкино. Концентрации указанных веществ имеют бимодальное распределение («двугорбое»), что может быть следствием, в первом случае, небольшого количества наблюдений в выборке (17), во втором (58) – наличия в общей выборке двух разных групп значений, которые следует рассматривать как отдельные выборки. Пример бимодального распределения концентраций приведен на рис. 1 .

Таблица 3. Результаты проверки гипотез распределения концентраций загрязняющих веществ в фоновых створах

Название створа наблюдений	Тип распределения	Dn	$Dn(0,05)$	cc	χ^2	$\chi^2(0,05)$	A	E
Железо общее								
р. Лобва – рп Лобва	логнормальное	0,043	0,895	4	2,03	9,48	1,02	0,82
р. Большой Пелым – с. Пелым	нормальное	0,166	0,895	4	5,28	9,48	0,79	0,50
р. Вагран – г. Североуральск	логнормальное	0,081	0,895	5	9,82	11,07	1,80	3,11
р. Лозьва – с. Шабурово	нормальное	0,081	0,895	2	1,44	5,99	-0,24	-0,53
р. Сосьва – д. Денежкино	логнормальное	0,126	0,895	5	9,06	11,07	1,50	2,32
р. Чусовая – с. Косой Брод	гамма-распределение	0,097	0,895	7	8,51	14,07	1,02	1,30
р. Решетка – с. Новоалексеевское	гамма-распределение	0,080	0,895	5	9,03	11,07	1,32	1,66
р. Кунара – г. Богданович	логнормальное	0,042	0,895	9	17,95	16,92	2,73	8,95
Медь								
р. Лобва – рп Лобва	гамма-распределение	0,098	0,895	4	7,48	9,48	0,95	0,66
р. Большой Пелым – с. Пелым	логнормальное	0,124	0,895	2	2,45	5,99	0,97	0,41
р. Вагран – г. Североуральск	логнормальное	0,093	0,895	8	24,24	15,51	1,03	1,02
р. Лозьва – с. Шабурово	–	–	–	–	–	–	0,56	-1,62
р. Сосьва – д. Денежкино	логнормальное	0,138	0,895	4	15,76	9,48	0,81	-0,39
р. Чусовая – с. Косой Брод	экспоненциальное	0,099	0,895	7	13,07	14,07	1,11	0,94
р. Решетка – с. Новоалексеевское	логнормальное	0,057	0,895	7	9,27	14,07	1,32	1,46
р. Кунара – г. Богданович	экспоненциальное	0,103	0,895	6	10,13	12,59	1,14	0,52
Цинк								
р. Лобва – рп Лобва	логнормальное	0,078	0,895	7	11,04	14,07	1,24	2,23
р. Большой Пелым – с. Пелым	нормальное	0,119	0,895	5	5,19	11,07	0,88	1,06
р. Вагран – г. Североуральск	гамма-распределение	0,090	0,895	5	10,32	11,07	0,81	0,79
р. Лозьва – с. Шабурово	–	–	–	–	–	–	0,22	-0,44
р. Сосьва – д. Денежкино	нормальное	0,165	0,895	4	7,91	9,48	1,08	1,06
р. Чусовая – с. Косой Брод	нормальное	0,087	0,895	8	29,70	15,51	0,58	0,15
р. Решетка – с. Новоалексеевское	нормальное	0,117	0,895	8	24,86	15,51	0,77	1,04

р. Кунара – г. Богданович	логнормальное	0,101	0,895	10	54,58	18,31	0,65	-0,32
Марганец								
р. Лобва – рп Лобва	логнормальное	0,126	0,895	3	5,71	7,82	2,43	7,53
р. Большой Пелым – с. Пелым	логнормальное	0,109	0,895	3	2,77	7,82	1,18	1,27
р. Вагран – г. Североуральск	экспоненциальное	0,182	0,895	5	8,82	11,07	1,85	3,80
р. Лозьва – с. Шабурово	логнормальное	0,148	0,895	1	4,75	3,84	0,55	-1,37
р. Сосьва – д. Денежкино	логнормальное	0,171	0,895	4	6,85	9,49	1,18	1,33
р. Чусовая – с. Косой Брод	логнормальное	0,101	0,895	5	7,21	11,07	1,75	3,69
р. Решетка – с. Новоалексеевское	логнормальное	0,212	0,895	5	22,88	7,82	1,48	1,65
р. Кунара – г. Богданович	нормальное	0,100	0,895	7	41,07	14,07	0,82	0,10

Примечание: Dn – критерий Колмогорова; $Dn(0,05)$ – критический критерий Колмогорова при заданной вероятности; ss – степени свободы; χ^2 – критерий Пирсона (кси-квадрат); $\chi^2(0,05)$ – критический критерий Пирсона при заданной вероятности; A – коэффициент асимметрии; E – коэффициент эксцесса.

Логнормальный закон распределения элементов наиболее распространен при описаниях содержаний природных вод [1], а также элементов в почвах, геологических породах и т. д. (почвоведение и геология) [2–5], экспоненциальный закон распределения характеризует редко случающиеся величины и оба эти закона описывают, как правило, отдаленные друг от друга значения [6]. Экспоненциальное распределение является частным случаем гамма-распределения, которое также используется для описания содержания ингредиентов в природных водах.

Учитывая, что концентрации большинства рассматриваемых веществ в исследуемых створах не подчиняются нормальному закону распределения, традиционные схемы расчета, основанные на представлении о нормальности статистических распределений ингредиентов, дадут завышенные результаты по отношению к наиболее часто встречаемым концентрациям в рядах наблюдений. В таком случае применение алгоритма расчета фоновой концентрации, предложенного в методике расчета фоновых концентраций [7] или использование среднеарифметического значения концентрации приведет к фактическому завышению расчетных значений. Здесь считаем необходимым выбрать другие более эффективные критерии оценок показателей с учетом специфики и характера эмпирических распределений концентраций рассматриваемых веществ.

Гистограмма распределения концентраций марганца в створе Лозьва-Шабурово:
 аппроксимация логнормальным законом
 Колмогоров-Смирнов $d = 0,148$, $p = \text{н.з.}$
 Критерий Хи-квадрат = $4,75$, $cc = 1$ (скорр.), $p = 0,029$

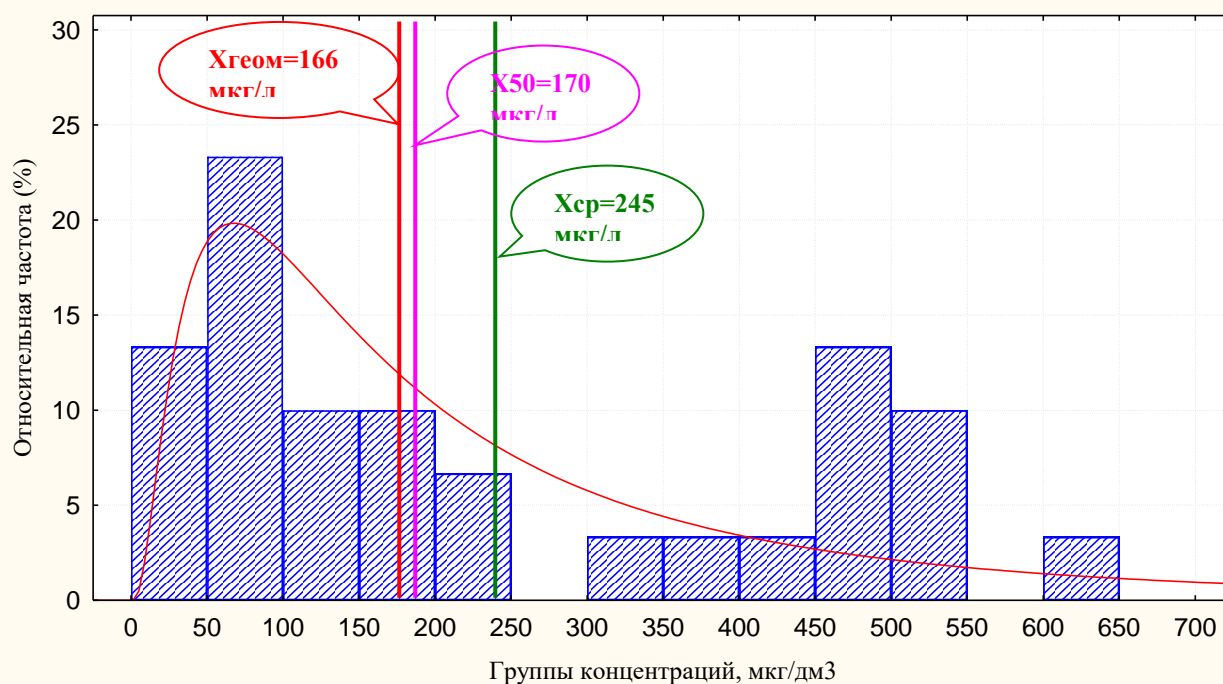


Рис. 1

Сложность проблемы заключается и в том, что требования, предъявляемые к показателям фоновой концентрации, при решении различных задач (будь то разработка НДС, установление локальных нормативов качества воды и размера платы за сброс, прогнозирование состояния водных объектов при различных вариантах техногенных нагрузок) существенно различаются. Также необходимо учитывать, что изменения концентраций химических ингредиентов в воде естественных водотоков представляют собой случайные процессы и любые построения по их ограниченным выборкам являются случайными и могут быть оценены только с некоторым доверительным интервалом [8].

Основным недостатком действующей схемы оценки фоновой концентрации (X_f) является построение ее расчетной величины только по верхней границе доверительного интервала используемого точечного показателя. При этом в качестве X_f принимается среднеарифметическое значение (рассчитанное без учета anomalously high and low concentrations), а расчетный доверительный интервал строится по традиционной схеме с использованием распределения Стьюдента. Кроме того, алгоритм расчета X_f достаточно сложен и разработан для расчета за краткосрочный период (3 года), а не для

многoletних рядов наблюдений. Следует также учитывать, что в соответствии с [7] фоновая концентрация вещества в воде водотока – это специальное понятие, которое используется для нормирования сбросов сточных вод, а не для выделения фоновой составляющей характерных веществ в природных водах.

При нормальном статистическом распределении концентраций ингредиентов построение расчетных оценок на основе средних арифметических значений является наиболее оптимальным. Также немаловажную роль играет простота и обработанность оценки определения погрешности данного критерия [8]. Однако, как показывают различные исследования, в т. ч. и наши наблюдения, гипотеза о «нормальности» распределения концентраций ингредиентов приемлема далеко не во всех случаях. Поэтому весьма актуально установление оптимальных статистических показателей, наиболее объективных применительно к конкретным задачам и численно характеризующим величину «фонового» содержания рассматриваемого вещества.

Среднеарифметическое значение – это простейшая параметрическая оценка центра распределения, являющаяся по своему определению наиболее эффективной для нормального распределения, поэтому, в общем случае, представляет интерес поиск таких оценок (в рамках данных точечных параметрических показателей), которые были бы более эффективными для конкретных распределений, чем арифметические оценки. Наиболее общей характеристикой выборочного среднего является среднее Колмогорова [2; 3]. Как частный случай распределений достаточно часто рассматривают среднее степенное. Однако, в общем случае, эффективное использование данных обобщенных средних значений требует задания функции распределения рассматриваемых ингредиентов, что не всегда возможно.

При сопоставлении различных оценок распределения необходимо учитывать также чувствительность к грубым ошибкам измерений или передачи информации. Чувствительными к этим погрешностям являются некоторые оценки центра распределения с использованием среднеарифметических, наименее чувствительными – оценки, построенные с использованием квантилей, в т. ч. и медианы.

В большинстве литературных источников по статистической обработке эмпирических данных пишется об обязательном проведении проверки фактических выборок на математическую однородность [2–5]. Так, некоторые авторы считают, что самым эффективным подходом к построению оценок, защищенных от грубых ошибок (промахов), является цензурирование выборки, отбрасывание «маргинальных» членов выборки [8]. Популярный критерий установления границ цензурирования $|x_i| = 3\sigma$ (x_i

– i -я концентрация вещества в выборке), когда значения $|x_i| \geq 3\sigma$ считаются «промахами» («критическими значениями», «грубым выбросом») и удаляются из рассмотрения, является весьма эффективным только для нормального распределения.

В связи с этим, проверка принадлежности отдельных значений концентраций к статистическим совокупностям рассматриваемых данных нами проводилась с использованием t -критерия, который, кроме всего прочего, позволяет учесть и количество наблюдений. t -критерий вычислялся по формуле:

$$t = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}, \quad (1)$$

где X – проверяемая в выборке концентрация, \bar{X} – среднеарифметическое выборки, σ – среднеквадратическое отклонение.

Затем полученные коэффициенты сравнивались с табличными, в зависимости от количества наблюдений, при уровне значимости $\delta=0,05$. В случае, если полученное значение t -критерия оказывалось больше табличного, данное максимальное значение исключалось из выборки как сомнительное – так называемый «грубый выброс» [4, 9, 10].

В связи с тем, что механизмы формирования отдельных ингредиентов в водных объектах могут очень значительно различаться, соответственно должны различаться и статистические функции их распределения. Это обстоятельство существенно снижает эффективность использования параметрических оценок (например, среднеарифметического), в целом, и обобщенных средних, в частности.

Наиболее показательным и простым в расчетах непараметрическим показателем является медиана, значение которой не зависит от распределения рассматриваемой выборки. В пользу использования медиан при описании содержания исследуемых веществ в створах с минимальной антропогенной нагрузкой говорит и то, что медианы распределений фактических концентраций менее чувствительны к максимальным, зачастую не характерным, значениям.

При распределениях, значительно отличающихся от нормального, среднеарифметическое будет неэффективным параметром оценки центральных (наиболее часто встречаемых) значений. Для оценки центральных значений при логнормальном распределении применяются формулы расчета среднего геометрического (среднего логарифмического) значения [11]:

$$X = M \times e^{\frac{S^2 \ln}{2}}, \quad (2)$$

$$\lg X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg X_i, \quad (3)$$

где X – центральное значение выборки, M – медиана выборки, $S^2 \ln$ – дисперсия логарифмов концентраций.

Среднегеометрическое значение рассматривается нами в связи с тем, что концентрации некоторых веществ (в том числе металлов) в поверхностных водах имеют, в основном, логнормальное распределение, а средним значением логнормального распределения является среднелогарифмическое [12], переведенное затем в натуральные единицы.

Далее нами была проведена оценка статистических характеристик в основные гидрологические сезоны (зимняя межень, летне-осенняя межень, весеннее половодье, дождевой паводок). Разбивка рядов наблюдений по сезонам была проведена с использованием комплексных графиков результатов гидрометеорологических наблюдений: хода температуры воздуха, количества выпавших осадков, высоты снега на льду, толщины льда, ледовых явлений, хода уровней воды и данных о стоке.

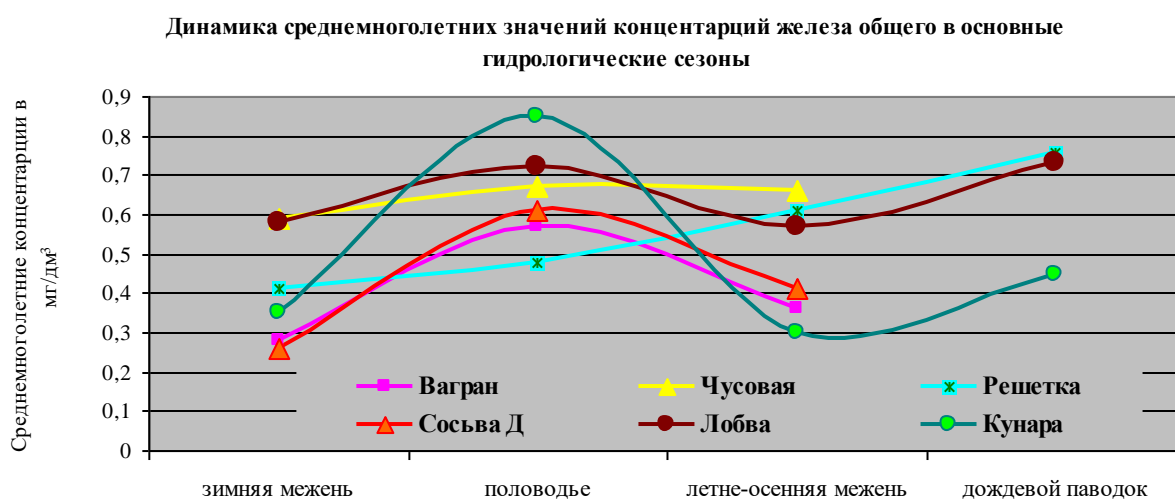
Оценка сезонности концентраций показала, что железо общее, медь, марганец имеют явную внутрисезонную изменчивость, при этом наибольшие содержания железа и меди отмечены в периоды половодья и/или дождевых паводков, минимальные – зимней межени. Наибольшие содержания марганца отмечаются в период зимней межени, наименьшие – летней. Содержания цинка не имеют явной сезонности, тем не менее, в период зимней межени содержания цинка, как правило, ниже, чем в другие сезоны.

Несмотря на отсутствие значимых корреляций между расходами и значениями концентраций металлов в исследуемых створах прослеживаются четкие различия между статистическими характеристиками, рассчитанными для основных гидрологических сезонов, что показано на примере среднеарифметических значений железа и марганца (рис. 2).

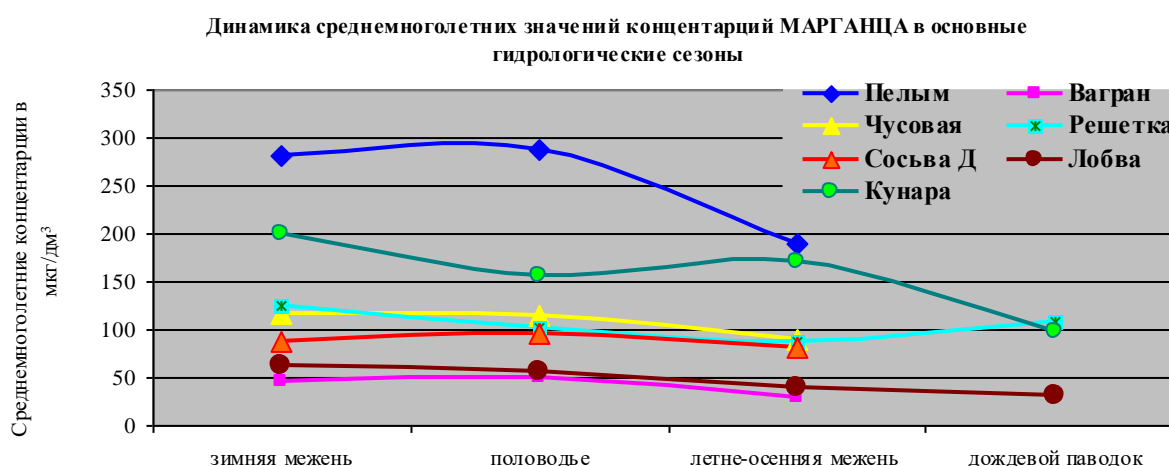
Так, снижение среднесезонных концентраций железа в зимнюю межень, наблюдаются во всех створах, кроме р. Большой Пелым – с. Пелым, где $r = -0,21$. В период летне-осенней межени концентрации железа несколько возрастают, наибольшие значения зафиксированы в период половодья. Максимумы концентраций наблюдались также в половодье, кроме створа р. Большой Пелым – с. Пелым, где максимальные значения концентраций железа общего наблюдались в период летне-осенней межени.

Содержания меди также имеет заметную сезонность: в период зимней межени концентрации ниже, наибольшие концентрации, как правило, отмечаются в период весеннего половодья или дождевых паводков, в некоторых створах – в период летне-осенней межени.

Содержание цинка, в основном, не подвержено сезонности: явного изменения концентраций не просматривается, за исключением створов р. Сосьва – д. Денежкино и р. Лобва – рп Лобва, в которых среднеарифметические, среднегеометрические значения и медианы в периоды половодья (для р. Сосьва – д. Денежкино) и дождевых паводков (для р. Лобва – рп Лобва) заметно выше.



(рис. 2а).



(рис. 2б).

Содержания марганца также имеют сезонность. Но если минимальные средние железа и меди наблюдаются в зимнюю межень, то минимальные средние (среднеарифметические и среднегеометрические) и медианные значения марганца во всех рассматриваемых створах наблюдаются в летне-осеннюю межень (рис. 2б) за исключением р. Вагран – г. Североуральск и р. Сосьва – д. Денежкино, где наибольшие средние отмечены в период половодья. Причинами повышенного содержания марганца в период зимней межени могут являться, во-первых, тот факт, что зимой, во время ледостава, на дне водоемов происходит разрушение мертвой растительности (особенно синезеленых и диатомовых водорослей), в результате чего в воду поступает марганец, во-вторых, в период ледостава увеличивается доля подземного питания рек и марганец может поступать с подземными водами при низкой разбавляющей способности водотока.

Так как при нормировании сбросов учитывается наихудший в гидрологическом отношении период – период зимней межени, в качестве «фоновой» составляющей рассматриваемых веществ могут быть использованы значения, рассчитанные за период зимней межени (за исключением марганца).

В ходе работы рассматривалась возможность установления единых значений по каждому характерному веществу на территории Свердловской области, что может значительно упростить работу природоохранных организаций и предприятий-водопользователей при установлении НДС. Однако в этом случае основная проблема состояла в том, что установленные значения не должны быть завышены, но и не могут быть занижены в условиях значительного варьирования концентраций не только в различных реках, но и при внутригодовом распределении.

Результаты проведенной работы показали, что выделенные фоновые (природные) составляющие железа общего в выбранных «фоновых» створах варьируют в значительных пределах и, как правило, выше $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Однако исследование динамики среднесуточных концентраций железа общего в створах государственной сети на территории Свердловской области показало, что его содержание на некоторых участках рек от истока к устью, несмотря на антропогенную нагрузку, существенно снижается и не превышает $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Это, скорее всего, связано с влиянием многочисленных водохранилищ, которые выполняют функцию «отстойников». В связи с этим, в качестве фоновой составляющей для железа общего в целом по области считаем возможным использование значения культурно-бытовой ПДК ($0,3 \text{ мг/дм}^3$).

Предложить единые значения природного содержания меди, цинка, марганца для рек Свердловской области в настоящее время не представляется возможным. Выделенные фоновые (природные) составляющие меди в выбранных створах, как правило, варьируют от 6 до 8 мкг/дм³ (в р. Решетка – с. Новоалексеевское выше 10 мкг/дм³), цинка – от 14 до 20 мкг/дм³. Выделенные фоновые (природные) составляющие марганца в большинстве выбранных «фоновых» створов варьирую в пределах 20–70 мкг/дм³, в отдельных створах – 100–170.

Результаты выполненных исследований показали, что выделенные фоновые (природные) составляющие рассматриваемых выше веществ в настоящее время не могут являться основой для установления региональных нормативов качества воды, т. к. исследования на тест-объектах не проводились. В соответствии п. 7 Методических указаний нормативы определяются с использованием тест-объектов, культивируемых на местной воде (водные растения, зоопланктонные организмы, бентосные организмы, аквариумные виды рыб). В случае необходимости в общий список тест-объектов могут быть добавлены чувствительные местные виды. Обоснованность данных, полученных на эндемичных видах для определения величины норматива в целом, рассматривается и подтверждается при рекомендации норматива к утверждению.

Кроме того, следует отметить, что большинство металлов в воде присутствуют в виде растворимых, взвешенных и валовых форм. Соотношение различных форм металлов в воде зависит от множества факторов. Растворенной формой принято считать часть соединений металла, отфильтрованную через фильтр с размером пор 0,45 мкм как можно быстрее после отбора пробы. На состав и формы нахождения рассматриваемых металлов в воде (железа, меди, цинка, марганца) существенное влияние оказывают такие факторы, как величина рН и Eh, присутствие природных комплексообразователей (гуминовых и фульвокислот), содержание растворенного кислорода, сероводорода, диоксида углерода, наличие микроорганизмов, окисляющих и восстанавливающих эти элементы. В поверхностных водах с высоким содержанием органических веществ природного содержания, а именно гуминовых и фульвокислот, может обнаруживаться значительно повышенное содержание марганца, меди, цинка, железа за счет окислительно-восстановительных процессов и процессов комплексообразования.

В результате химического анализа фильтрованной пробы воды в створах государственной сети определяется суммарная концентрация ингредиента (в т. ч. металла), находящегося в виде ионов и недиссоциированных молекул, а также в виде

органоминерального комплекса. Рыбохозяйственные нормативы установлены для ионов металлов, точнее для всех растворимых в воде его соединений.

Изучение влияния суммарного содержания растворенных форм металлов (включая органоминеральные комплексы с органическими веществами природного происхождения) на водные экосистемы нами не проводились. Не изучены также процессы физико-химической и химико-биологической деструкции загрязняющих веществ, осаждения, сорбции/десорбции, кумуляции, испарения и т. п. Эти процессы могут быть смоделированы и изучены с помощью экспериментальных микроэкосистем-мезокосмов, установленных непосредственно в исследуемом водном объекте.

Работа проведена с целью оптимального подбора таких расчетных статистик содержания вещества, которые могли бы характеризовать основную часть значений концентраций не только в исследуемых выборках, но и в генеральной совокупности, из которой данные выборки изъяты. Результатом проведенных исследований явилось выделение фоновых (природных) составляющих железа общего, меди, цинка, марганца, взвешенных веществ и органических веществ по ХПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Черняев А.М., Черняева Л.Е., Еремеева М.Е.* Гидрохимия болот. Л.: Гидрометиздат, 1989. 286 с.
2. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: изд-во Московского университета, 1972. 328 с.
3. *Благовещенский Ю.Н., Самсонова В.П., Дмитриев Е.А.* Непараметрические методы в почвенных исследованиях. М.: Наука, 1987. 96 с.
4. *Родионов Д.А.* Статистические решения в геологии. М.: Недра, 1981. 231 с.
5. *Комаров И.С.* Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1972. 480 с.
6. *Гмурман Е.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977. 479 с.
7. РД 52.24.622-2001 Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. Введ. 01.01.2001. 28 с.
8. *Летихин А.П., Мирошниченко С.А.* Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водотоках // Водное хозяйство России. 2002. Т. 6. № 3. С. 247–262.

9. *Родионов Д.А.* Справочник по математическим методам в геологии. М.: Недра, 1987. 336 с.
10. *Родионов Д.А.* Функции распределения содержания элементов и минералов в изверженных горных породах. М.: Наука, 1964 г. 136 с.
11. *Семячков А.И., Почечун В.А., Хисматулин Д.Р.* Статистические методы в гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. / Учебное пособие. Екатеринбург: издательство УГГУ, 2005. 87 с.
12. *Семячков А.И.* Металлы в окружающей среде горно-металлургических комплексов Урала. Уральская государственная горно-металлургическая академия: Екатеринбург, 2001. 232 с

Сведения об авторах:

Банникова Оксана Аркадьевна, начальник информационно-аналитического отдела, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Свердловский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» (ФГБУ «Свердловский ЦГМС-Р»), 620990, г. Екатеринбург, ул. Народной Воли, 64, e-mail: inao@svgimet.ru

Бычкова Екатерина Николаевна, ведущий аэрохимик, информационно-аналитический отдел, ФГБУ «Свердловский ЦГМС-Р», г. Екатеринбург