

На правах рукописи

СМЫЖОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

ОЦЕНКА СТОКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С УЧЁТОМ
ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(на примере реки Великой)

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание учёной степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург

2010

Работа выполнена на кафедре Прикладной экологии Российского государственного гидрометеорологического университета

Научный руководитель:

доктор географических наук, профессор
заслуженный эколог РФ

Шелутко Владислав Аркадьевич

Официальные оппоненты:

доктор химических наук, профессор

Фрумин Григорий Тевелевич

кандидат географических наук, доцент

Пряхина Галина Валентиновна

Ведущая организация:

ГУ «Государственный гидрологический институт»

Защита состоится « 22 » декабря 2010г. в ___ часов ___ минут на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3, аудитория 102

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат диссертации разослан « 20 » ноября 2010г.

Учёный секретарь диссертационного совета

доктор технических наук, профессор

Бескид. П.П.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время проблема загрязнения и истощения водных ресурсов является одной из наиболее важных глобальных проблем в мире. По данным ООН не менее 100 стран мира сталкиваются с нехваткой пресной воды, а 31 государство стоит перед угрозой серьезного водного кризиса. Для Российской Федерации более актуальными являются вопросы качества питьевой воды. В реки, озера, подземные воды за год попадают сотни тысяч тонн нефтепродуктов, нитратов, соединений фосфора, металлов и других веществ. В целом по России до 20 % проб воды не отвечают требованиям стандарта.

В последние десятилетия одной из наиболее актуальных проблем состояния водных ресурсов становится биогенное загрязнение водных объектов и их эвтрофирование. Процесс эвтрофирования сегодня приобретает более широкий масштаб в следствии антропогенному увеличению содержания биогенных веществ в водных объектах.

Геоэкологические исследования по определению антропогенной нагрузки на водные объекты во многом опираются на данные гидрохимических наблюдений. В большинстве случаев для характеристики экологического состояния рек и водоёмов используются средние годовые концентрации содержащихся в воде веществ. В частности по этим данным обычно рассчитывается годовой сток содержащихся в воде веществ, поступающих в реки и водоемы.

Методика расчёта среднегодовых концентраций содержащихся в воде веществ по гидрохимическим наблюдениям, принятая в настоящее время, основана на следующих теоретических предположе-

ниях: 1) временные ряды измеренных значений концентраций ЗВ в каждом пункте наблюдений описываются моделью в виде ряда значений случайной величины; 2) данные ряды наблюдений являются стационарными, регулярными и однородными.

В последние годы выявилось, что при анализе средних годовых концентраций, рассчитанных на этой основе, могут быть получены противоречивые результаты, не имеющие какого-либо физического объяснения. В связи с этим возник вопрос о репрезентативности и надёжности расчётов среднегодовых концентраций содержащихся в воде веществ существующими методами. В выполненных затем исследованиях было показано, что гидрохимические наблюдения, в том числе наблюдения на реке Великой, имеют ряд особенностей, которые не укладываются в рамки рассмотренных выше теоретических положений.

Анализу этих особенностей, оценке и учету их влияния на результаты оценки средних годовых концентраций содержащихся в воде веществ и посвящена настоящая работа.

Цель – разработка новых подходов к оценке среднегодовых концентраций и объемов стока биогенов в речных водах на основе исследования особенностей гидрохимической информации.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Исследование соответствия теоретических основ принятых методов расчета концентраций и объемов стока биогенных веществ исходной гидрохимической информации

2. Оценка влияния неучета водности на результаты расчета среднегодовых концентраций и объемов стока биогенных веществ по реке Великой.
3. Оценка влияния неучета неэквидистентности исходной информации на точность расчета средних годовых концентраций и объемов стока биогенных веществ по реке Великой и разработка методики учета неэквидистентности.
4. Оценка влияния учета выбросов на результаты расчетов среднегодовых и средних многолетних концентраций и объемов стока биогенных веществ по реке Великой.
5. Анализ динамики изменения степени загрязнения р. Великой и ее притоков биогенными веществами во времени и по длине реки на основе учёта особенностей исходной информации.

Методы исследования и исходные материалы. В исследованиях используется широкий спектр статистических средств обработки информации, метод территориальных обобщений и метод гидрологической аналогии. Проводится сопряженный анализ гидрохимического и водного режимов речных вод. Оценка качества воды выполняется по стандартным нормативным критериям качества воды (ПДК).

В работе используются данные наблюдений на реке Великая и ее притоках за концентрациями растворенного кислорода, аммонийного азота, нитритного азота, нитратного азота, общего железа и минерального фосфора, а также за показателями ХПК (химическое потребление кислорода), и БПК₅ (биохимическое потребление кислорода) за период с 1969 по 2002 годы. Данные, предоставлены Северо-

Западным межрегиональным территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС).

Научная новизна исследования:

1. Разработана методика по учёту водности при расчетах среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в случае отсутствия наблюдений за расходами воды или наличия пропусков в наблюдениях за расходами воды.

2. Разработана схема анализа эквидистентности временных рядов концентрации загрязняющих веществ и разработана методика учета неэквидистентности при оценке среднегодовых концентраций.

3. Впервые применена теория выбросов для выявления аварийных сбросов загрязняющих веществ по длине реки Великой и предложены рекомендации по оценке генезиса формирования этих выбросов.

4. Впервые дан детальный анализ динамики изменения концентраций и объемов стока биогенных веществ на р. Великой во времени и по длине реки с учетом особенностей исходной информации

Защищаемые научные положения:

1. Система и результаты комплексной оценки особенностей гидрохимической информации

2. Комплекс методик и приемов по уточнению результатов расчета среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в реках за счет учета особенностей гидрохимической информации.

3. Необходимость учета выбросов и их генетического анализа при оценках среднегодовых концентраций и объемов годового стока загрязняющих веществ.

4. Система и результаты комплексной оценки изменения загрязненности биогенными веществами стока во времени и по длине р. Великой с учётом выявленных особенностей гидрохимической информации

Личный вклад автора. В основе диссертационной работы лежат результаты пятилетних исследований стока биогенных веществ, полученные лично автором.

Практическое значение полученных результатов. Разработанные методики и приемы позволяют оценить и снизить погрешности расчетов средних годовых концентраций и объемов стока загрязняющих веществ, возникающих при неучете особенностей исходной информации.

Полученные в работе выводы позволяют более точно оценить поступление биогенных веществ по р. Великой в Псковско-Чудское озеро. Результаты работы были внедрены в работу по тематическому плану РГГМУ «Разработка теоретических основ расчёта и прогноза экстремальных уровней загрязнения окружающей среды в больших городах и промышленных зонах» за 2009-2010 год.

Апробация работы. Все положения и результаты исследований неоднократно докладывались и обсуждались на итоговых сессиях ученого Совета РГГМУ (2006, 2007, 2008, 2009), на международных научных конференциях «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (2006, 2009), на Международных форумах «День Балтийского моря» (2008, 2009, 2010), на научной сессии, посвящённой 90-летию кафедры гидрологии суши СПбГУ (2008), на научно-практической конференции, посвя-

щенного 90-летию создания географического института в Петрограде (2008), на 7 Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «География, геоэкология и геология: опыт научных исследований в г. Днепропетровске (2010). Кроме того, основные положения диссертации были доложены на совместном Российско-Мексиканском семинаре в Институте Географии Национального автономного университета Мексики (2007, 2008).

Публикации. Всего по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них 1 статья в издании из списка ВАК

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав и выводов, изложена на 153 страницах основного текста и 70 страницах приложений, включает 36 рисунков и 85 таблиц. Список использованных источников включает 97. наименований, в том числе 7 иностранных.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость исследований.

В первой главе «Физико-географические особенности бассейна реки Великая» рассматриваются основные факторы, влияющие на химический состав природных вод реки. Рассматриваются климатические условия, влияющие на состав вод реки Великая. Особое внимание уделяется гидрографическому описанию исследуемой территории. Подробное внимание уделяется и описанию гидрометрических характеристик реки Великая и её основных притоков.



Рисунок 1 – карта региона исследования

По данным Ежегодника «Качество поверхностных вод Российской Федерации» в период с 1998 по 2002 годы качество воды в реке Великая оценивалось 3 классом, разрядом «а» и «б» как «загрязнённая». В заключение подробно рассматривается хозяйственная деятельность в регионе исследования. Приводятся сведения о предприятиях-водопользователях, о количестве и компонентном составе основной массы сточных вод.

Во второй главе «Характеристика информационного обеспечения исследования концентраций и объемов стока биогенов в бассейне реки Великая» приводится описание пунктов наблюдений, подробно

анализируются исходные данные и даётся характеристика методов оценки среднегодовой концентрации и объемов стока.

В работе используются данные по трем пунктам наблюдений на реке Великая (г. Опочка, г.Остров, г. Псков) и четырьмя пунктами на ее притоках (р. Синяя- д. Рябово, р. Череха – г. Псков, р. Сороть- д. Осинкино, р. Утроя - г. Пяталово). Пункты на р. Великой содержат по 2 створа - выше и ниже городской территории. Все рассматриваемые пункты, кроме пункта в г. Псков, относятся к пунктам 4 категории. Пункт Псков относится к 3 категории. Детально рассматривается состав, периодичность и регулярность наблюдений. Отмечается, что в рядах наблюдений существуют значительные пробелы, наибольшее их количество характерно для рядов наблюдений, полученных на притоках реки Великая. Анализ внутригодового распределения наблюдений показал, что зачастую отклонения от средней даты отбора проб могут варьировать от нескольких дней до нескольких месяцев. При этом, чем меньше проб отбирается в год, тем больше эти отклонения. Следовательно, исходные ряды наблюдений не являются эквидистентными, то есть интервалы, которые освещает каждый данный член ряда, неодинаковы.

В общем, анализ структуры исходных данных показал, что исходные ряды измеренных концентраций биогенных веществ в реке Великой и ее притоках являются: неоднородными во времени, по числу измерений в год, неэквидистентными, неоднородными по своему генезису

В третьей главе «Влияние неучёта водности на результаты расчёта среднегодовых концентраций и объемов стока биогенных ве-

ществ по реке Великая» приводится обоснование необходимости учёта водности при оценке среднегодовой концентрации, проводится расчёт среднегодовой концентрации с учётом и без учёта водности, оценивается влияние неучёта водности на результаты оценки пространственной и временной динамики загрязнения реки. Также, приводятся результаты апробации методик восстановления значений водности в указанную дату при полном отсутствии наблюдений и при наличии существенных пробелов в данных.

В настоящее время чаще всего в качестве среднегодовых концентрации принимаются средние арифметические значения концентраций за год, то есть:

$$\bar{S}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{nj} S_{ji} \quad (1)$$

Наряду с этим, предлагается также использовать метод, учитывающий водность реки в момент взятия пробы воды на химический анализ. В этом случае расчёт производится по формуле:

$$\bar{S}_j = \left(\sum_{i=1}^{nj} S_{ji} \times Q_{ji} \right) / \sum_{i=1}^{nj} Q_{ji} \quad (2)$$

где \bar{S}_j - среднегодовая концентрация в j-м году, S_{ji} – измеренное i-е значение концентрации в j-м году, Q_{ji} – измеренное i-е значение расхода воды на момент отбора пробы в j-м году, n_j – число измерений в j-м году

Ранее в работе Шелутко В.А. и Колесниковой Е.В. (2008) было установлено, что метод, основанный на учёте водности реки, является физически обоснованным и, следовательно, расчёты этим методом

дают оптимальные результаты. Было показано также, что при расчёте среднегодовой концентрации как среднего арифметического значения заведомо принимается, что расходы воды в течение года на рассматриваемом объекте являются постоянными.

Для оценки влияния на точность расчёта среднегодовой концентрации неучёта водности по исходным рядам наблюдений были рассчитаны среднегодовые концентрации с учётом водности по формуле 2 (S_b) и без учёта водности по формуле 1 (S_a). По полученным значениям среднегодовых концентраций и показателей биогенного загрязнения с учётом и без учёта водности были рассчитаны абсолютные и относительные погрешности:

Оказалось, что абсолютные значения погрешностей расчетов за счет неучета водности варьируют от -90% (концентрация нитритного азота, р. Великая, г. Остров в. створ, 1969 год) до $+562\%$ (концентрация нитритного азота, р. Великая, г. Остров, в. и н. створы, 1985 год).

Для более детального и точного анализа погрешностей расчёта среднегодовых концентраций, за счёт неучёта водности для каждого рассматриваемого элемента или показателя были построены обобщенные эмпирические кривые обеспеченности, включающие данные наблюдений по всем постам на р. Великой. Оказалось, что законы распределения относительных погрешностей расчета среднегодовых концентраций, за исключением кислорода, имеют явно выраженную положительную асимметрию. При этом положительные погрешности по абсолютной величине намного больше, чем отрицательные. Так, например положительные погрешности расчета среднегодовых кон-

концентраций минерального фосфора меняются в пределах от 0 до 390 %, а отрицательные в пределах от 0 до - 52 %. Вероятность положительных погрешностей составляет 38 %, а отрицательных - 44 %. В 18 % случаев погрешность равна нулю. Таким образом, неучет водности при расчетах средних годовых концентраций приводит в 82 % случаев как к завышению так и к занижению их значений по сравнению с действительными значениями. В 10 % случаев завышение достигает от 50 до 300 и более процентов.

В работе дан анализ причин этого обстоятельства и показано, что погрешности за счет неучета водности существенно сказываются на результатах анализа пространственной и временной динамики изменения средних годовых концентраций по длине р. Великой.

Основной проблемой учёта водности во многих случаях при оценке среднегодовой концентрации является полное или частичное отсутствие данных наблюдений за расходом воды в период взятия пробы воды на химанализ. При этом возможны две ситуации:

- расходы воды не измерялись только в данный год,
- расходы воды вообще не измеряются в данном или близком к нему створе.

В 2008 году В.А. Шелутко и Е.В. Колесниковой предложили при расчете средних годовых концентрации при отсутствии данных наблюдений за расходами воды створе использовать два метода: метод гидрологической аналогии и метод типового гидрографа.

В данной работе были апробированы оба метода. В результате установлено, что в этом случае более эффективным является приме-

нение метода гидрологической аналогии на основе модели парной линейной корреляции.

В четвёртой главе «Неэквидистентность исходной информации и методика её учёта при оценке среднегодовой и объемов стока биогенных веществ» разработана методика учёта неэквидистентности при расчёте среднегодовой концентрации, производится детальный анализ влияния неучёта неэквидистентности на результаты пространственной и временной динамики загрязнения реки Великая.

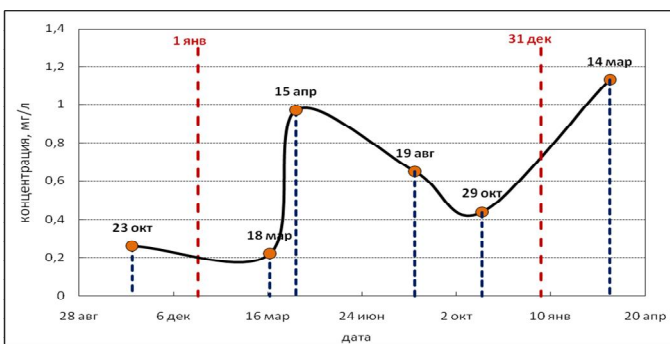


Рисунок 2 - График измеренных значений концентраций аммонийного азота за 1977 г., р. Великая – г. Псков, верхний створ

Для учета неэквидистентности была разработана интерполяционная формула, на основе которой каждому измерению концентрации придавалась весовая функция, исходя из интервалов в днях между измерениями. На рисунке 2 в качестве примера представлен календарный график измеренных значений концентраций растворенного в воде вещества в течение года при 4 измерениях в год. Здесь же представлены даты последнего измерения за предшествующий год и первого измерению за последующий год. Задача определения средней величины концентрации за год (в предположении о линейном характере измене-

ний концентраций между точками измерений) была бы тривиальной и сводилась бы к простейшей интерполяционной формуле, если бы были известны значения концентраций 1 января и 31 декабря. В данном случае было необходимо вначале определить значения этих концентраций. С учетом этого обстоятельства, были получены следующие расчетные формулы для определения среднегодовой концентрации S с учетом неэквидистентности:

$$S = (S_{k-1} + S_{\text{нр}} + S_{\text{кр}}) / N, \quad (3)$$

где N – число дней в году, S_{k-1} – сумма среднесуточных концентраций за период от первого до последнего измерения концентраций в данный j – год

$$S_{k-1} = \sum_{i=1}^{k-1} S_i = \sum \frac{C_{j,i} + C_{j,i+1}}{2} * \Delta t_i, \quad (4)$$

где $C_{j,i}$, $C_{j,i+1}$ – измеренные значения концентраций растворенного в воде вещества; j – год измерений; i – номер измерения, $i = 1, 2, \dots, k-1$; k – число измерений концентраций в j -тый год; Δt_i – число дней между i -ым и $i+1$ -ым измерением концентрации.

$S_{\text{нр}}$ в формуле (3) – сумма среднесуточных концентраций за период от начала года до первого измерения концентраций:

$$S_{\text{нр}} = \frac{[(2C_{j1} + \frac{C_{j-1,n} - C_{j,1}}{\Delta t_{j-1,j}} * \Delta t_{j,1}) \times \Delta t_{j,1}]}{2}, \quad (5)$$

$S_{\text{кг}}$ – сумма среднесуточных концентраций за период от последнего измерения концентрации до конца года:

$$S_{\text{кг}} = \frac{[(2C_{\text{jk}} + \frac{C_{\text{jk}} - C_{\text{j+1,l}}}{\Delta t_{\text{j+1,j}}} * \Delta t_{\text{j,k}}) \times \Delta t_{\text{j,k}}]}{2}. \quad (6)$$

Для оценки эффективности учёта неэквидистентности были рассчитаны среднегодовые значения концентраций по формулам (1) и (3), а также абсолютные и относительные погрешности расчёта. Как следует из полученных данных, возможные ошибки определения среднегодовых концентраций за счет неучёта неэквидистентности исходных рядов составляет от – 100 % до + 239 %. Например, в г. Опочка (нижний створ) максимальная погрешность определения концентрации нитритного азота в 1971 году составила 239 %. Большая погрешность (132 %) получилась для минерального фосфора в пункте Опочка на верхнем створе в 1978 году.

Для более детальной оценки влияния неучёта неэквидистентности на расчёт среднегодовой концентрации были рассчитаны основные числовые характеристики рядов среднегодовых концентраций. Как следует из результатов расчёта, средние многолетние концентрации и коэффициент вариации (C_v) ряда средневзвешенных по времени концентраций в большинстве случаев меньше, чем соответствующие характеристики ряда средних концентраций рассчитанных традиционным способом. Исключениями являются значения C_v растворённого кислорода в пункте Псков (в. и н. створ) и Остров (в. створ), аммонийного азота в пункте Остров (в. створ) и нитратного азота в пункте

Остров (н.створ). Однако в этих случаях расхождения C_v являются статистически незначимыми.

Это говорит о том, что колебания среднегодовых концентраций, полученных путем взвешивания по временному интервалу, являются более сглаженными, так как при не учете продолжительности временных интервалов, на естественные колебания значений концентраций накладывается случайная составляющая, связанная с изменением продолжительности интервалов.

Естественно, что неучёт неэквидистентности оказывает существенное влияние на результаты оценки пространственной и временной динамики загрязнения реки.

В пятой главе «Анализ экстремальных характеристик биогенного загрязнения речных вод на примере речного стока р. Великой» было необходимо, прежде всего, определить теоретические законы распределения, описывающие с наибольшей точностью временные ряды измеренных значений концентраций биогенных веществ и показателей.

В качестве возможных для описания исходных рядов были выбраны наиболее распространенные в гидрометеорологии законы распределения: нормальный закон распределения, закон распределения Пирсона III-его типа, трехпараметрическое гамма-распределение, логарифмически нормальный закон распределения и законы распределения Гамбела и S_w Джонсона. Выбор законов распределения производился на основе численных экспериментов путем подбора теоретического закона распределения, наилучшим образом согласующегося с эмпирическими данными. Для оценки согласия выбранных законов

распределения с данными наблюдений использовался критерий согласия χ^2 . В результате выполненных на кафедре Прикладной экологии исследований были получены следующие выводы:

1) Для временных рядов измеренных и среднегодовых показателей биогенного загрязнения речных вод оптимальным законом распределения является закон Пирсона III-го типа. Следующим за ним по согласию с эмпирическими данными является закон распределения Гамбела.

2) Нормальный закон распределения, рекомендуемый для анализа экстремальных значений, только в одном случае (БПК₅, Остров, нижний створ) из 84 является оптимальным.

При анализе совмещенных графиков оптимальной теоретической кривой обеспеченности Пирсона III-го типа и эмпирической кривых обеспеченности, построенных в поле клетчатки вероятности с умеренной асимметричностью, было выявлено, что на каждом из них имеется от 1 до 3-5 эмпирических точек, резко отклоняющихся в сторону завышения от теоретической кривой обеспеченности (рисунок 3), что послужило основанием отнести их к выбросам. Статистическая проверка с помощью критерия Диксона подтвердила это предположение.

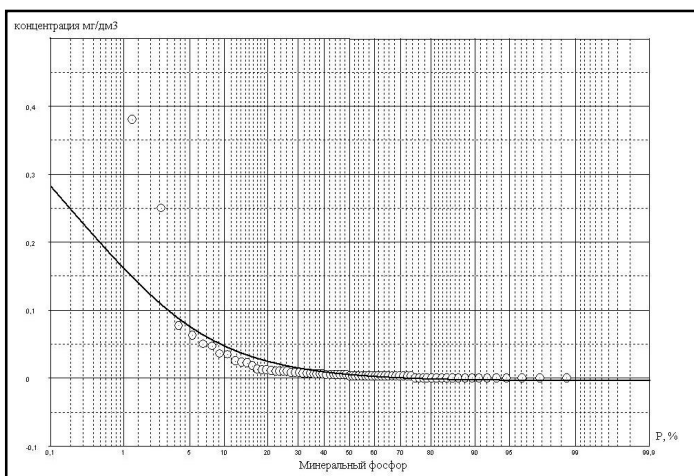


Рисунок 3 – Эмпирическая кривая обеспеченности концентраций минерального фосфора в реке Великая, пункт Опочка (верхний створ)

В работе была предпринята попытка рассмотреть генезис, происхождение этих выбросов. Ранее было показано, что режим загрязнения водных объектов на урбанизированных территориях складывается под влиянием трёх групп факторов.

1. Регулярное и постоянное воздействие человеческой деятельности.
2. Аварийные сбросы загрязняющих веществ.
3. Неблагоприятные гидрометеорологические явления.

Первая группа факторов определяет общий режим загрязнения водного объекта, формируемый за счет достаточно регулярного сброса загрязняющих веществ промышленными и сельскохозяйственными предприятиями и коммунальными службами.

Факторы 2 и 3 группы часто определяют появление экстремальных значений в исходных рядах наблюдений, не согласующихся с остальными данными – т.н. выбросы. Наличие выбросов в свою очередь

приводит к генетической и статистической неоднородности рядов наблюдений. Для восстановления однородности необходимо выделить в отдельные выборки значения определенные первой группой факторов и значения определенные второй и третьей группой факторов и проводить раздельно анализ этих выборок. Для более точного определения выбросов в рядах наблюдений и их генезиса был проведён анализ связи значений концентраций биогенов между соседними створами на р. Великой. При этом исходили из следующих соображений. Как правило, аварийные сбросы продолжаются ограниченный срок, не более 2-3 дней, и приурочены к конкретному створу, а сбросы, вызванные неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями, могут охватывать большие территории и, следовательно, прослеживаться на большом расстоянии по длине реки. Учитывая эти предположения, были проанализированы графики связи концентраций по длине реки Великой. При этом если максимальные значения на графиках связи концентраций в верхнем и нижнем створе выходили в критическую область, то, скорее всего, наблюдаются аварийные сбросы загрязняющих веществ, которые прослеживаются только в данном створе, в противном случае сбросы сформированы неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями.

Результаты расчетов показали, что в ряде случаев исключение выбросов приводит к существенному уменьшению среднегодовых концентраций.

В шестой главе «Оценка стока биогенов в бассейне реки Великая с учётом и без учёта особенностей гидрохимической информации» рассматривается влияние неучёта особенностей гидрохимической ин-

формации на результаты оценки пространственной и временной динамики объема стока биогенов в бассейне реки Великая.

Для оценки влияния неучёта водности, неэквидистентности и наличия выбросов в исходных рядах наблюдений был произведён расчёт среднегодовых объемов стока с использованием среднегодовых концентраций, рассчитанных по различным методикам. Так же были рассчитаны приращения объемов стока между пунктами наблюдений.

Анализ временной динамики объемов стока биогенов показал, что для большинства веществ характерно снижение значений в период с середины 1980-х до конца 1990-х годов. Подобная тенденция может быть обусловлена неблагоприятной экономической ситуацией в России в этот период времени, что в свою очередь привело к падению производства и сельского хозяйства. Как следствие, уменьшилось количество сточных вод, поступающих в воды реки.

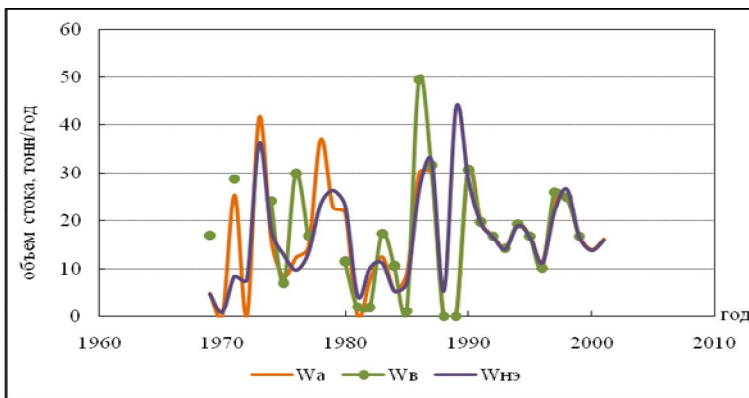


Рисунок 4 - Временная динамика объема стока нитритного азота в пункте Остров верхний створ при различных способах оценки среднегодовой концентрации

При этом следует отметить, что в зависимости от способа расчёта среднегодовой концентрации, положенной в основу расчёта объема стока, могут быть получены либо существенно отличные друг от друга либо в корне противоречивые выводы.

Результат оценки объема стока биогенов по длине реки Великая показал, что для всех веществ характерна тенденция увеличения объемов стока от истока к устью. Для большинства веществ (кроме нитритного азота) наибольшее увеличение объемов стока наблюдается между пунктами наблюдений. Отчасти, это объяснимо наличием большого количества сельскохозяйственных угодий в бассейне реки и, как следствие, интенсивный смыв с полей удобрений в реку. Также, это может быть вызвано сбросом неочищенных сточных вод от небольших поселений вдоль берега реки.

Следует отметить, что существенное влияние на результаты оценки распределения среднегодового стока биогенов по длине реки Великая оказывает способ расчёта среднегодовой концентрации. При этом при увеличении объема выборки, т.е. при оценке средних многолетних значений влияние неучёта водности и неэквидистентности на результаты расчёта заметно снижается. Что касается влияния на величины объема стока населённых пунктов, то среди всех пунктов наблюдений, наибольшее влияние на изменение объема стока биогенов в реке Великая оказывает город Псков.

Оценка вклада каждого исследуемого биогена в общее загрязнение реки Великая показало, что наибольший вклад в загрязнение реки вносит нитратный азот (2693 тонн/год в пункте Псков – нижний створ), а наименьшее нитритный азот (65 тонн/год в пункте Псков –

нижний створ) и минеральный фосфор (94 тонн/год в пункте Псков – нижний створ).

Исследование загрязнённости притоков реки Великая показало, что наиболее загрязнёнными являются река Синяя и Утроя. Так, концентрация общего железа в реке Синяя, наибольшая по сравнению с другими реками. Подобный вывод можно сделать и по остальным загрязняющим веществам. Так на реках Синяя и Утроя концентрация аммонийного азота также принимает наибольшие значения. Река Сорочь и Синяя характеризуются высокими значениями концентрации нитратного азота. Что касается фосфора и нитритного азота, то в последние годы наблюдений концентрации данного вещества приблизительно одинаковы на всех реках. Таким образом, можно сделать вывод, что из всех рассматриваемых притоков наибольшее влияние на реку оказывает река Синяя, так как три загрязняющих вещества принимают наибольшие значения.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные при выполнении диссертационной работы.

4. В настоящее время при оценке экологического состояния водных объектов суши не учитываются особенности первичной геоэкологической информации.

5. Для уменьшения погрешностей расчета среднегодовых концентраций содержащихся в воде веществ необходимо учитывать водность реки в период отбора проб. В противном случае погрешности расчетов могут достигать от + 562 % до - 90 %. Средние многолетние значения отличаются менее существенно.

6. При отсутствии измерений расходов воды в период отбора проб необходимо воспользоваться разработанным в диссертации приемом на основе метода гидрологической аналогии. Прием учета водности на основе метода типового гидрографа в данном случае для р. Великой оказался не эффективным.
7. Анализ временных рядов измеренных значений концентрации загрязняющих веществ показал, что эти ряды являются неэквилибренными. Для учета неэквилибренности необходимо воспользоваться разработанной в диссертации методикой. При неучете неэквилибренности погрешности расчетов среднегодовых концентраций могут достигать от + 239 % до - 100 %.
8. Исходные ряды концентраций являются неоднородными по своему генезису. В большинстве случаев концентрации определяются природной фоновой нагрузкой и регулярным и постоянным воздействием человеческой деятельности. Однако в ряде случаев концентрации могут определяться аварийными сбросами предприятий и неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями.
9. Обоснована необходимость исключения наблюдаемых значений концентраций, вызванных аварийными сбросами и сбросами в чрезвычайных погодных условиях, при оценке среднегодовых концентраций и объемов годового стока содержащихся в воде веществ. Для выявления и исключения аварийных выбросов и их генезиса может быть применены методики, разработанные в диссертации на основе теории выбросов.

10. Впервые дан детальный анализ динамики изменения концентраций и объемов стока биогенных веществ на р. Великой во времени и по длине реки с учетом особенностей исходной информации.

Список публикаций по теме диссертации

1. Шелутко В.А., Смыжова Е.С. Динамика стока биогенных веществ по реке Великая в Псковско-Чудское озеро // Учёные записки РГГМУ. №13. Научно-теоретический журнал. – СПб.: изд. РГГМУ, 2010. с. 89-104. (Издание из списка ВАК)
2. Шелутко В.А., Колесникова Е.В., Смыжова Е.С. Проблемы оценки антропогенной нагрузки на поверхностные воды по данным гидрохимических наблюдений // Географические и экологические аспекты гидрологии. Труды научной сессии, посвящённой 90-летию кафедры гидрологии суши факультета географии и геоэкологии СПбГУ. – СПб., 2010. с. 321-332.
3. Смыжова Е.С., Шелутко В.А. Учёт влияния неэквидистентности исходной информации на оценку биогенного загрязнения рек на примере реки Великая // Материалы международной научно-практической конференции «Географическое образование и наука в России: история и современное состояние» - СПб.: ВВМ, 2010. с. 862-871
4. Смыжова Е.С. Динамика стока биогенных веществ по реке Великая в Псковско-Чудское озеро // Материалы VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «География, геоэкология, геология: опыт научных исследований» - Днепропетровск: изд. ИМА-прес, 2010. – Вып. 7 - с. 136-138

5. Шелутко В.А., Колесникова Е.В., Смыжова Е.С. Вопросы оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим данным // Сборник трудов V Международной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» - СПб.: ВВМ, 2010. с. 30-39.
6. Shelutko V., Kolesnikova E., Smyzhova E. Aspects of surface water quality assessment on the basis of hydrochemical data // Ecological and hydrometeorological problems of the large cities and industrial zones. Collection of articles – SPb: ВВМ, 2010. с. 161-170
7. Смыжова ЕС, Шелутко ВА Анализ динамики загрязнения реки Великая биогенными веществами с учётом неэквидистентности исходной информации // Материалы конференции «Современные экологические проблемы и их решение: взгляд молодёжи» - СПб.: изд. ПИЯФ РАН, 2008. с.87-95
8. Шелутко В.А., Смыжова Е.С., Колесникова Е.В. Теория и практика оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим данным // Экология и гидрометеорология больших городов и промышленных зон. (Россия – Мексика). Монография. Т. 2. Мониторинг окружающей среды. – СПб.: изд. РГТМУ, 2010. с. 84-105
9. Shelutko V., Smyzhova E., Kolesnikova E. Theoretical and practical aspects of estimating the quality of surface waters with hydrochemical data // Ecology and hydrometeorology of big cities and industrial zones. (Russia-Mexico). Monograph. Vol. 2. Monitoring of the environment in big cities and industrial zones. – SPb.: Polytechnic University Publishing House, 2010. pp. 84-105

10. Шелутко В.А., Смыжова Е.С. Анализ влияния неэквидистентности наблюдений на оценку среднегодовых концентраций загрязняющих веществ // Материалы итоговой сессии ученого совета РГГМУ – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. с. 110-111
11. Шелутко В.А., Смыжова Е.С. Анализ влияния неэквидистентности наблюдений на оценку среднегодовых показателей и концентраций загрязняющих веществ современными методами // Материалы международной научной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» - СПб.: изд. ЗАО «Крисмас+», 2006. с. 78-79
12. Shelutko V.A., Kolesnikova E.V., Smyzhova E.S. Problems of the river flow pollution on the basis of hydrochemical observations // Сборник тезисов VIII Международного экологического форума «День Балтийского моря» - СПб.: изд. ООО «Издательство «Диалог», 2007. с. 329-330
13. Шелутко ВА, Колесникова ЕВ, Смыжова ЕС Проблемы и методы оценки антропогенной нагрузки на поверхностные воды по данным гидрохимических наблюдений // Материалы III Международного водного форума «Международное сотрудничество в решении водно-экологических проблем» - Минск.: Минсктиппроект, 2008. с. 90-91
14. Шелутко ВА, Колесникова ЕВ, Смыжова ЕС Вопросы оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим данным // Материалы V международной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» - СПб.: изд. ЗАО «Крисмас+», 2009. с. 97-99.