

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КОЛЕСНИКОВА ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВНА

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата географических наук

Санкт-Петербург  
2008

Работа выполнена на кафедре Прикладной экологии Российского государственного гидрометеорологического университета

Научный руководитель:

доктор географических наук, профессор

Шелугко Владислав Аркадьевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор

Малинин Валерий Николаевич

кандидат химических наук, доцент

Скорик Юрий Иванович

Ведущая организация: Санкт-Петербургский Государственный Университет

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г. 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 406

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г.

Учёный секретарь диссертационного совета

доктор технических наук, профессор

Бескид П.П.

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Одним из ведущих направлений геоэкологии является изучение влияния антропогенных воздействий на природную среду и её компоненты. В большой степени это влияние сказывается на водных ресурсах, особенно в изменении их качественных характеристик вследствие загрязнения сточными водами и непосредственным поступлением загрязняющих веществ в русла рек и водоёмов с территорий водосборных бассейнов.

Геоэкологические исследования по определению антропогенного влияния на качественные характеристики вод рек и озёр во многом опираются на имеющиеся ряды данных гидрохимических наблюдений. До 1989 г. эти данные, в том числе данные первичных наблюдений публиковались в полном объёме в ежегодниках. С 1990 г. публикуются лишь сведения о средних годовых концентрациях загрязняющих веществ, рассчитанные по данным первичных наблюдений. Именно эта информация используется в настоящее время как для характеристики экологического состояния рек и водоёмов, так и для оценки динамики развития процессов их загрязнения во времени.

Однако в последнее время выявился целый ряд фактов, которые ставят под сомнение надёжность и репрезентативность данных о средних годовых концентрациях загрязняющих веществ в реках. Так например, на основе анализа изменений средних годовых концентраций биогенных веществ по длине р. Невы были получены противоречивые результаты об изменении стока этих загрязняющих веществ по длине реки. Как было установлено, наибольшие значения стока биогенных веществ в Неве наблюдаются в её среднем течении при входе в г. Санкт-Петербург. По многолетним данным, вниз по течению, в пределах городской черты, поток биогенных веществ резко уменьшается на 30 – 40% (Торопова, 2007). «Очищающую» способность города не удалось объяснить ни физическими, ни биохимическими процессами.

В связи с этим возникла необходимость в проверке и уточнении методики оценки средних годовых концентраций загрязняющих веществ, и в частности, её соответствии особенностям данных гидрохимических наблюдений. Актуальность этой проблемы определяется тем, что от её решения во многом зависит обоснованность выводов и прогнозов относительно экологического состояния рек и водоёмов. Именно это определило направление и содержание данной работы.

**Цель** работы заключается в усовершенствовании методов оценки загрязнения речных вод на основе учёта особенностей геоэкологической информации.

Для достижения поставленной цели автором решались следующие **задачи**:

1. Анализ современных методов оценки антропогенного влияния на речные экосистемы по литературным источникам.
2. Анализ особенностей геоэкологической информации на примере временных рядов гидрохимических наблюдений на реках.
3. Разработка теоретических основ учёта водности при оценке степени загрязнения речных вод при наличии и отсутствии наблюдений за расходами воды.
4. Разработка и апробация методики оценки влияния учёта водности рек на точность определения их средней годовой концентрации.
5. Разработка и апробация методики оценки влияния числа измерений концентраций загрязняющих веществ в год на точность определения их средней годовой концентрации.
6. Разработка комплекса приёмов оценки гидрохимического баланса на участке реки в условиях высокой антропогенной нагрузки как интегрального метода контроля гидрохимической информации.

**Методы исследования и исходные материалы.** Данные для анализа были получены численными методами на основе статистической обработки исходной информации. При анализе использовался метод территориальных обобщений и метод гидрологической аналогии.

В работе используются данные наблюдений по рекам Охта и Великая за концентрациями тяжёлых металлов: меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ), марганца ( $\text{Mn}^{2+}$ ), свинца ( $\text{Pb}^{2+}$ ), ртути ( $\text{Hg}^{2+}$ ), хрома общего ( $\text{Cr}_{\text{общ}}$ ), никеля ( $\text{Ni}^{2+}$ ) и железа общего ( $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ). Данные предоставлены Северо-Западным межрегиональным территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС), Санитарно-эпидемиологической станции Красногвардейского района (СЭС), ОАО НИИ «Химволокно» и ОАО «Пластполимер». Также в работе использовались данные Невско-Ладужского бассейнового водного управления (НЛБВУ) и ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" о годовых сбросах тяжёлых металлов со сточными водами промышленных предприятий в бассейн р. Охты. Кроме того, в работе были использованы данные о водности рек: Охта, Великая, Нева и Сестра.

**Научная новизна исследований** заключается в том, что:

1. На основе разработанной методики впервые показано, что неучёт водности рек при отборе проб для химического анализа приводит к большим погрешностям при оценке средних годовых концентраций загрязняющих веществ, сопоставимых в ряде случаев со значениями ПДК, что существенно влияет на результаты оценки загрязнения речных вод.

2. Впервые предложена методика по учёту водности при расчётах средних годовых концентраций загрязняющих веществ для случая отсутствия наблюдений за расходами воды на данном пункте.

3. Доказано, что изменение числа проб для химического анализа в различные годы существенно влияет на результаты расчётов средних годовых концентраций загрязняющих веществ. При этом возможные погрешности за счёт уменьшения числа проб могут превышать значения ПДК рассматриваемых элементов.

4. Впервые выполнен расчёт и анализ гидрохимического баланса для низовья р. Охты.

В ходе работы над диссертацией были сформулированы и обоснованы следующие **основные положения**, которые выносятся на защиту:

1. Методика и результаты оценки влияния учёта водности рек на точность расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ.

2. Методика и результаты оценки влияния количества проб воды для химического анализа в год и их внутригодового распределения на точность определения средних годовых концентраций загрязняющих веществ.

3. Методика и рекомендации по минимизации погрешностей расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках, возникающих при неучёте водности и неоднородности рядов наблюдений по числу измерений в год.

4. Комплекс приёмов и результаты оценки баланса тяжёлых металлов в низовье р. Охты.

**Практическое значение полученных результатов.** Разработанные методики позволяют оценить погрешности расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках, возникающих при использовании принятых методов: без учёта водности во время отбора проб и при разном количестве измерений в год.

Рекомендации, приведённые в работе, позволяют снизить методические погрешности при обработке геоэкологической информации. Так, разработана методика по учёту водности при расчётах средних годовых концентраций загрязняющих веществ при отсутствии наблюдений за расходами воды на данной реке. Кроме того, разработаны рекомендации по учёту неоднородности рядов наблюдений по числу измерений концентраций загрязняющих веществ в год при оценке динамики загрязнения рек во времени.

Впервые рассчитан баланс тяжёлых металлов на участке р. Охты в черте г. Санкт-Петербурга. Оценён вынос тяжёлых металлов р. Охтой в р. Неву.

**Апробация работы.** Все положения и результаты исследований неоднократно докладывались и обсуждались на итоговых сессиях учёного совета РГГМУ (2004, 2005, 2006), на Международных научных конференциях: «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (1999, 2005, 2006), на Санкт-Петербургской Ассамблее молодых учёных и специалистов (2002, 2004), на VI Всероссийском гидрологическом съезде (2004), на научно-практической конференции «Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей» (2005), на VIII Международном экологическом форуме «День Балтийского моря» (2007), на Научной сессии, посвящённой 90-летию кафедры гидрологии суши СПбГУ (2008) и других. Кроме того, основные положения диссертации были доложены на научной конференции в Национальном автономном университете Мексики (НАУМ), институте Географии (2006) и на научном семинаре в НАУМ в институте Геологии (2007).

По теме диссертации были получены Гранты «Санкт-Петербургского конкурса грантов для студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов» (1995, 1998, 2000, 2001, 2002 и 2004). Также основные положения работы были представлены в гранте Министерства образования и науки Российской Федерации по аналитической и ведомственной целевой программе «Развитие научного потенциала высшей школы». Проект: «Научно-методическое обеспечение научного и образовательного сотрудничества с национальным автономным университетом Мексики по направлению «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон и управление качеством городской среды». 2006-2008. РГГМУ ФП №2392 Мексика.

**Публикации.** Основные положения работы опубликованы в 8 статьях и 17 тезисах докладов. Всего по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них 1 статья в журнале из списка ВАК.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, шести глав и выводов, изложена на 143 страницах, включает 34 рисунка и 28 таблиц. Список использованных источников включает 115 наименований.

### Краткое содержание работы

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

**В первой главе «Анализ теории и применения методов оценки загрязнения водных объектов по гидрохимическим показателям»** проведён анализ литературных источников посвящённых исследованиям в данной области геоэкологии. Среди работ такого плана нужно выделить труды О.А. Алёкина (1950, 1964, 1970), Б.Г. Скакальского (1979, 1982, 1988, 1996), В.В. Дмитриева (1995, 1999, 2000, 2004), Л.Н. Горева (1985),

В.В. Фадеева (1989), А.М. Никанорова (1984, 1985, 1989, 1991, 2001, 2003), А.С. Шайна, (1984), В.А. Шелутко (1991, 2002, 2003, 2004), Г.Т. Фрумина (1994, 1998, 2000), М.П. Максимовой (1982), В.И. Кореновой (1989), В.И. Пелешенко (1975, 1985), В.И. Манихина (2001), а так же зарубежных авторов: Dubianok S.A. (2003), Martin J. M. (1979), Oskam G. (1995), Walling D. E. (1987), Brown (1970), Dinius, (1987), Landwehr (1974). В результате анализа литературных источников показана необходимость последующих исследований и методологических разработок по оценке состояния водных объектов в условиях растущего техногенного влияния.

В главе даётся анализ проблем, возникающих при использовании осреднённых характеристик в практике геоэкологических исследований. Так, как правило, в рядах наблюдений количество измерений концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в разные годы различно, для рек Санкт-Петербурга оно меняется от 1 до 12 в год. На необходимость учёта неоднородности рядов наблюдений по числу измерений впервые обратил внимание Б.Г. Скакальский в своей докторской диссертации (Скакальский, 1996). Между тем вопрос о степени влияния неоднородности исходных рядов по числу измерений в год и по их внутригодовому распределению на оценки средних годовых значений концентраций ЗВ и их числовых характеристик изучен пока недостаточно.

Важно также обратить внимание на то, что при вычислении средних годовых концентраций как среднеарифметических, не учитывается водность реки во время отбора проб. Однако, как показано в главе 4, использование метода оценки средней годовой концентрации как среднего арифметического значения, возможно лишь при постоянном значении расходов воды в течение года, что в природе не наблюдается.

Для повышения надёжности гидрохимической информации и отчётов о водопользовании, необходим унифицированный контроль гидрохимических показателей качества природных и сточных вод. Одним из эффективных методов контроля информации о водопользовании является составление гидрохимического баланса (Никаноров, 1991). Оно позволяет осуществить контроль над системой наблюдений за химическим составом воды, позволяет оценить вклад отдельных составляющих в общий поток ЗВ, попадающих в реку и дать рекомендации по усовершенствованию методики наблюдений (Скакальский и др., 1982, Колесникова, 1979; Щеголькова, 2006).

**Во второй главе «Объекты исследования»** производится описание объектов исследования, приводится краткая физико-географическая характеристика районов исследования, его хозяйственная освоенность, гидрохимическая и санитарная характеристика бассейнов исследуемых рек, а так же их гидрологическая характеристика.

Объектами исследования в работе являются р. Охта и её притоки, протекающие по территории Санкт-Петербурга и р. Великая, протекающая по территории Псковской области.

Р. Охта была выбрана для исследований как типичный городской водоток, протекающий в густонаселённом районе с большим количеством промышленных предприятий. Ежегодные сбросы сточных вод в р. Охту составляют до 50 млн м<sup>3</sup>. Являясь притоком р. Невы, р. Охта приносит большое количество ЗВ в главную водную артерию города, что особенно важно, учитывая расположение Главной водозаборной станции Санкт-Петербурга – в нескольких сотнях метров ниже устья р. Охты.

На р. Охте проводятся как гидрохимические, так и гидрологические наблюдения. Таким образом, данный водный объект является одним из самых изученных водотоков Санкт-Петербурга. Поэтому основные исследования проводятся на информационной базе по р. Охте. Однако, данный водоток, как и многие другие на урбанизированных территориях, зарегулирована в нижнем течении водохранилищем. Для исключения возможного искажения гидрологической информации, в главе 4 при исследовании учёта водности при расчётах средних годовых концентраций, кроме расчётов по р. Охте, параллельно так же были проведены исследования по четырём постам на р. Великой: г. Псков и г. Остров, верхние и нижние створы за 1969–1989 гг. Здесь створы отбора проб воды для химического анализа совпадают с гидростворами и отсутствует регулирование стока.

**В третьей главе «Характеристика исходных данных»** приводится характеристика исходных данных, используемых в работе, а так же расчёты по их обработке, восстановлению рядов наблюдений по общепринятым методам.

В работе используются данные наблюдений за гидрохимическим и гидрологическим режимами, проводимых Северо-Западным Управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС) на реках Охта и Великая за период с 1969 по 2001 годы.

В работе использовались внутригодовые данные и средние годовые значения концентраций тяжёлых металлов (ТМ) в р. Охта-устье полученные СЗУГМС, за период 1969-1998 гг. (пункт 1, рис. 1). Так же в работе были использованы данные химического анализа Санитарно-эпидемиологической станции Красногвардейского района (СЭС) (пункты 1 и 2, рис. 1 и 2). Кроме того, для расчётов использовались эпизодические наблюдения за химическим составом вод р. Охты ОАО НИИ «Химволокно» (пункты 3, 4 и 5, рис. 1) и ОАО «Пластполимер» (пункт 6, рис. 1).

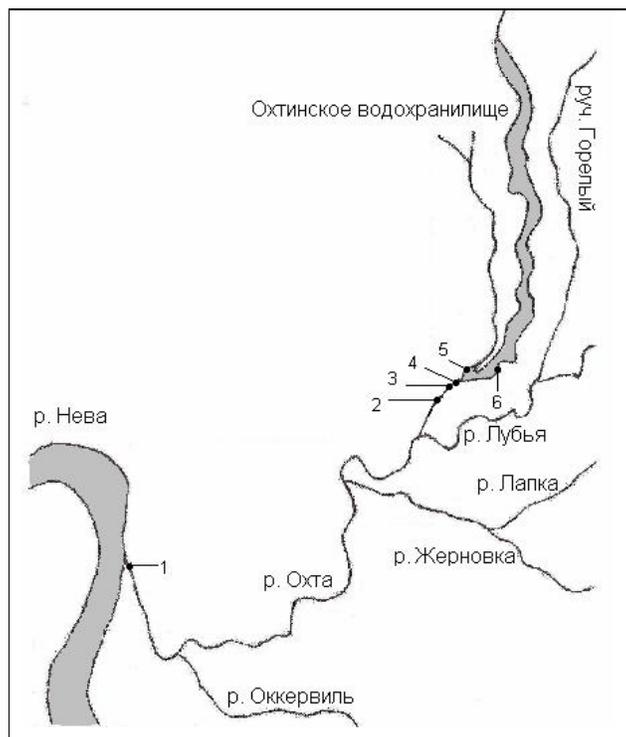


Рис. 1. Пункты наблюдения за химическим составом воды р. Охты



Рис. 2. Схема исследуемого участка р. Великой

Также в работе использовались данные НЛБВУ и ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" о годовых сбросах ТМ в составе сточных вод промышленными предприятиями в р. Охту на участке от плотины Охтинского водохранилища до устья реки, и её притоки за период 1996 – 2001 гг.

По р. Великой в работе использовались поэлементные ряды наблюдений СЗУГМС за содержанием ТМ в г. Псков (верхний и нижний створы) и г. Остров (верхний и нижний створы) за период 1969–1989 гг.

Кроме гидрохимической информации в работе были использованы данные по водности рек Охта и Великая. По р. Охте за 1969 – 1993 гг. использовались данные СЗУГМС по посту д. Ново-Девяткино. В 1994 г. пост был закрыт, поэтому все последующие значения расходов воды по данному объекту были получены аналитическим путём по рекам аналогам по уравнению регрессии. По р. Великой в работе использовались данные СЗУГМС о внутригодовых расходах воды, измеренных в четырёх створах: р. Великая – г. Псков, верхний и нижний створы и р. Великой – г. Остров, верхний и нижний створы за 1969 – 1989 гг. Расходы воды измерялись в момент взятия проб воды для химического анализа и в тех же створах.

**Четвёртая глава «Анализ влияния учёта водности рек на точность расчёта средних годовых значений концентраций загрязняющих веществ»** посвящена исследованиям по оценке влияния учёта водности рек на точность расчёта средних годовых значений концентраций ЗВ. В настоящее время для оценки средних годовых концентраций ЗВ в речном стоке в основном используются два метода. В первом средняя годовая концентрация рассчитывается как средневзвешенное по водности, таким образом, учитывается водность реки в период отбора проб на химический анализ. Во втором методе расчётная величина средней годовой концентрации определяется без учёта водности, как среднее арифметическое значение по всем измеренным за год значениям концентраций в год. В практике геоэкологических расчётов наибольшее распространение, особенно для малых рек, получил второй метод. Однако в данной главе было показано, что второй метод имеет достаточно существенное ограничение, так как в нём заведомо принимается, что расходы воды в течение года на рассматриваемом объекте являются постоянными, что не соответствует действительности. В то же время как первый метод, учитывающий водность реки в момент взятия проб, является физически обоснованным и, следовательно, расчёты по нему дают оптимальные результаты.

Для анализа погрешностей расчётов средних годовых концентраций ЗВ, возникающих при отсутствии учёта водности, в данной главе была предложена система оценки влияния учёта водности рек на точность расчёта средних годовых значений концентраций

ЗВ. По всем исходным рядам данных были рассчитаны последовательности значений средних годовых концентраций ТМ, вычисленных как средневзвешенные –  $S_{ci}$  по первому методу и как среднеарифметические –  $S_{ai}$ , по второму методу. Первые, исходя из полученных выше выводов, принимались в качестве эффективных оценок действительных значений средних годовых концентраций. Исходя из этого, погрешности расчётов ( $\Delta_i$ ) средних годовых концентраций за счёт неучёта водности определялись как разность значений концентраций, полученных при расчёте по методу 2 –  $S_{ai}$  и по методу 1 –  $S_{ci}$ , то есть

$$\Delta_i = S_{ai} - S_{ci}, \quad (1)$$

где  $i$  – порядковый номер года. Относительная погрешность вычисляется по формуле:

$$d_i = (\Delta_i / S_{ci}) \cdot 100\% . \quad (2)$$

Как показал анализ полученных результатов, погрешности расчёта средних годовых концентраций за счёт неучёта водности могут быть весьма значительны. Так, для р. Охты погрешность расчёта средних годовых концентраций за счёт неучёта водности варьирует от -25% до 170%. Максимальная погрешность – 170% – наблюдалась по меди в 1971 г. В абсолютном значении эта погрешность составляет 32 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 32 раза превышает ПДК для рыбохозяйственных водных объектов.

Для р. Великой погрешности вычисления средних годовых концентраций за счёт неучёта водности изменяются – от -60% до 500%. Таким образом, максимальная погрешность – 500% – марганец, 1987 г., в абсолютном значении составляет 0,19 мг/л, что в 19 раз превышает ПДК для рыбохозяйственных водных объектов.

Таким образом, погрешности вычисления средних годовых концентраций ТМ без учёта водности могут приводить к серьёзному искажению анализа загрязнения реки как в отдельные годы, так и за многолетний период, например при анализе трендов средних годовых концентраций.

Для более общей характеристики возможных погрешностей расчёта средних годовых концентраций без учёта водности ( $d$ ) был проведён анализ кривой обеспеченности по общему для двух рек ряду относительных погрешностей  $d$ , рассчитанных в процентах от  $S_c$  (рис. 3). Как видно из графика, погрешности вычисления средних годовых концентраций ТМ без учёта водности (с положительным или отрицательным знаком) в 5% случаев превысят 200% и в 20% случаев – превысят 90%.

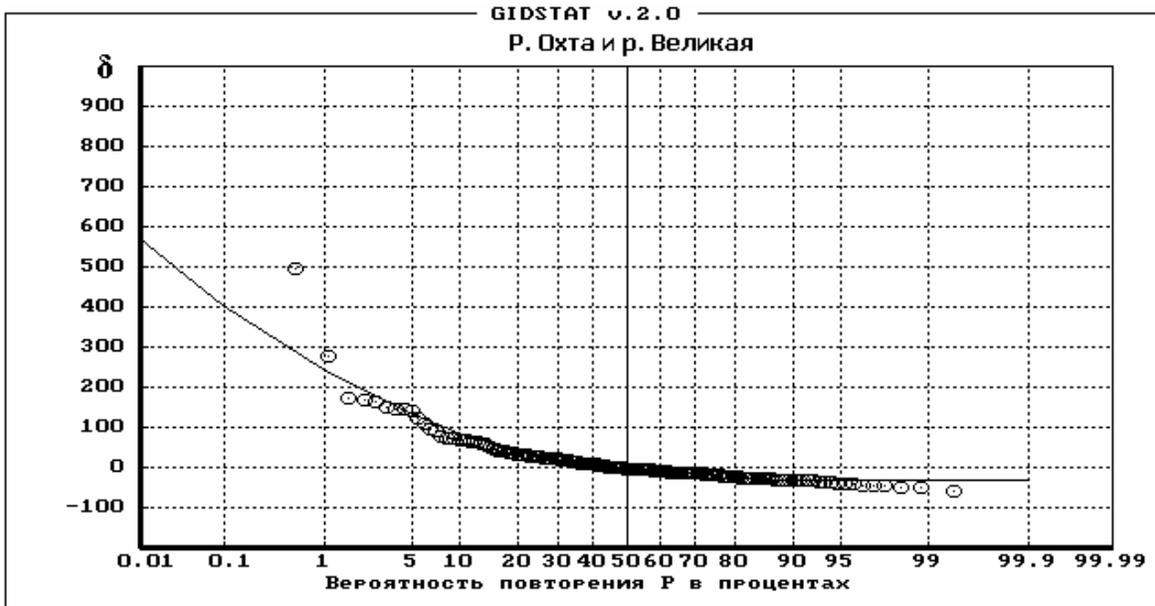


Рис. 3. Кривая обеспеченности по общему ряду относительных погрешностей  $d$  (%) по рекам Охта и Великая.

Так же из рисунка 3 можно видеть, что по обеим рекам, при вычислении средних годовых концентраций без учёта водности, в разные годы происходит как завышение, так и занижение результата. Причём положительные погрешности достигают больших значений, чем отрицательные. Это связано с тем, что для исследуемых рядов наблюдений, максимальные значения измеренных концентраций ТМ чаще всего относились к периодам низкой водности, то есть наблюдались при расходах воды, которые значительно ниже средних годовых. В этом случае приписывание межнным концентрациям значений средних годовых расходов, естественно приведёт к существенному завышению средних годовых концентраций. Действительно, как показали исследования, подробно изложенные в главе 5, в период межней и паводков на реках Санкт-Петербурга наблюдается обратная зависимость между водностью и концентрацией ЗВ, то есть для наших расчётов это означает преобладание соотношения  $S_a > S_c$ . В этом случае, приписывание межнным концентрациям значений средних годовых расходов, естественно приведёт к существенному завышению средних годовых концентраций.

Для учёта водности при расчёте средних годовых концентраций при отсутствии информации о расходах воды была разработана методика, предполагающая использование реки аналога. Так, в работе было показано, что расчёт водности р. Охты по реке аналогу – р. Сестре, за многолетний период даёт результаты, подтверждающие расчёты по р. Охте. Предлагается также использование типовых гидрографов для определённых рек или регионов.

**В пятой главе «Анализ влияния числа измерений концентраций загрязняющих веществ в год на точность определения их средних годовых концентраций в реках»** проводятся исследования по оценке влияния числа измерений в год на точность определения средних годовых концентраций ЗВ в реках.

Как уже отмечалось, самый распространённый метод оценки средней годовой концентрации ЗВ заключается в расчёте среднего арифметического значения по измеренным за год значениям концентраций. Однако количество измерений концентраций ЗВ в разные годы различно и может изменяться от 1 до 12 в год. Кроме того, наблюдения за концентрациями ЗВ проводились каждый год в разные сроки, освещая тем самым разные фазы водного режима. Поэтому можно считать, что временные ряды средних годовых значений концентраций ЗВ неоднородны по числу измерений и по их внутригодовому распределению. Такая неоднородность рядов наблюдений, может сказаться как на результатах расчётов средних годовых значений концентраций, так и на выводах, основанных на их анализе.

Для оценки влияния частоты измерений на расчёт средних годовых концентраций была разработана и апробирована следующая методика.

Максимальное число стандартных измерений концентраций ТМ на реках равно 12, причём в этом случае измерения проводятся ежемесячно и, следовательно, интервалы между измерениями примерно равны между собой. Очевидно, что данные о средних годовых концентрациях, полученные в эти годы, являются в среднем наиболее точными и могут служить эталоном точности для лет, когда число измерений в год было меньше 12. В дальнейшем в работе эти годы называются эталонными. Годы, когда количество измерений концентраций ТМ было меньше чем в эталонные годы, названы нами опорными.

Суть оценки погрешностей расчётов средних годовых концентраций при уменьшении числа отбора проб состояла в том, что по датам измерений концентраций в опорные годы отбирались в данных за эталонные годы концентрации, измеренные в те же или близкие к ним даты. Далее, по отобранном таким образом из эталонного года концентрациям, число которых равно числу измерений в опорном году, производился расчёт средней годовой концентрации ТМ –  $S'$ . Разность  $S' - S$ , где  $S$  – средняя годовая концентрация по всем измерениям в эталонный год, принималась в качестве погрешности расчёта средней годовой концентрации за счёт уменьшения числа проб.

Таким образом, для всех эталонных лет просчитывался сценарий отбора 4 проб вместо 12. Разница средних годовых концентраций, вычисленных по 12 измерениям и по 4 (как если бы в этот год сохранилась четырёхсрочная система наблюдений), определяла погрешность вычисления концентраций при уменьшении числа проб:

$$\Delta = S' - S, \quad (3)$$

$$d = \frac{S' - S}{S} \times 100, \quad (4)$$

где  $\Delta$  – абсолютная погрешность определения концентраций при уменьшении числа проб,  $\delta$  – относительная погрешность определения концентраций при уменьшении числа проб. При этом каждый эталонный год сопоставлялся с каждым опорным.

Например, концентрация свинца в 1991 г. измерялась двенадцать раз (табл. 1). Среднее годовое значение концентрации свинца  $S$  в этом эталонном году составило  $6,3 \text{ мкг/дм}^3$ . В опорном 1979 г. было произведено только 4 измерения. По датам этих четырёх измерений в эталонном году отбирались 4 значения концентраций, сроки определения которых наиболее близки к датам отбора проб в опорном году. По четырём отобраным значениям концентраций рассчитывалось среднее значение –  $S'$ . В данном случае  $S' = 2,0 \text{ мкг/дм}^3$ . Разность  $S' - S$ , равная  $-4,3 \text{ мкг/дм}^3$ , показывает погрешность расчёта средней годовой концентрации за счёт уменьшения числа проб от 12 до 4. Как можно видеть, такая ошибка в определении средней годовой концентрации сопоставима с ПДК свинца –  $6 \text{ мкг/дм}^3$ . Таким образом, погрешность определения средней годовой концентрации для 1991 г. за счёт уменьшения количества проб и отбора их в сроки опорного 1979 г. составила  $-68\%$ . Это значит, что при сокращении числа проб в году, в данном случае, произошло искусственное занижение рассчитанной средней годовой концентрации на  $68\%$ .

Таблица 1.

Схема определения средней годовой концентрации свинца ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в эталонном 1991 г. по опорному 1979 г.

Месяц	Концентрация свинца ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в 1991 г.	
	$S$	$S'$
Январь	0	
Февраль	0	0
Март	9	
Апрель	4	
Май	0	0
Июнь	20	
Июль	14	
Август	0	0
Сентябрь	5,8	
Октябрь	8	8
Ноябрь	5,5	
Декабрь	9	
Среднее	6,3	2

Аналогично были рассчитаны погрешности определения средних годовых концентраций при отборе проб в сроки по другим опорным годам.

Таким образом, методику оценки влияния числа измерений на расчёт средней годовой концентрации можно разделить на несколько этапов:

1. Выбор эталонных лет, то есть лет, в течение которых производилось 12 или при отсутствии таких лет 10-11 определений концентраций.
2. Оценка средних концентраций рассматриваемых показателей по эталонным годам –  $S$ .
3. Отбор по каждому измерению концентрации в опорном году значения концентрации в эталонном году, наиболее близко совпадающего по дате с опорным годом.
4. Расчёт средней годовой концентрации по отобранным из эталонного года измерениям –  $S'$ .
5. Определение абсолютных ( $\Delta$ ) и относительных ( $\delta$ ) погрешностей определения концентраций при уменьшении числа проб (формулы 3 и 4).
6. Анализ абсолютных и относительных погрешностей.

При анализе полученных результатов был сделан вывод, что погрешности расчётов средних годовых концентраций ТМ при сокращении числа проб в году от двенадцати до четырёх ( $\delta$ ), в отдельные годы достигают значительных величин. Так, экстремальные абсолютные погрешности  $\delta$ , как отрицательные, так и положительные, для каждого металла практически всегда были выше 25%, а для всех металлов диапазон экстремальных погрешностей  $\delta$  составил от -68 до 65%.

Для анализа обобщённого ряда погрешностей, в один ряд были объединены относительные погрешности, взятые по модулю, по каждому рассматриваемому металлу за все эталонные годы с последующим построением эмпирических кривых обеспеченностей и подбором оптимального теоретического закона распределения. В результате анализа всех кривых обеспеченности, был получен вывод о том, что при переходе от двенадцатисрочной системы отбора проб воды в год для химического анализа к четырёхсрочной, рассчитанные значения средних годовых концентраций в 5% процентах случаев изменится на величину от 37 до 70% (в зависимости от металла). А в 20% случаев погрешность составит от 23 до 40%.

**В шестой главе «Гидрохимический баланс низовья р. Охты»** проводится анализ основных источников поступления ЗВ (на примере ТМ) в р. Охту, рассчитывается гидрохимический баланс для низовья р. Охты, а также даются рекомендации по усовершенствованию оценки составляющих гидрохимического баланса рек в условиях высокой антропогенной нагрузки.

Отработка поставленных задач проводилась для нижнего участка р. Охты от плотины Охтинского водохранилища до устья, протяжённость которого составляет 9,3 км. Именно на этом участке река испытывает максимальную антропогенную нагрузку.

Баланс ТМ рассчитывался по уравнению (5) (Методические указания..., 2003):

$$B+C-O+A=0, \quad (5)$$

где  $B$  – поступление ЗВ на участок реки через верхний замыкающий створ,

$C$  – масса сбросов ЗВ в пределах расчётного участка из всех источников загрязнения,

$O$  – масса стока ЗВ с участка через нижний замыкающий створ,

$A$  – невязка, отражающая суммарное воздействие погрешностей измерений и неучтённых источников ЗВ.

При расчёте гидрохимического баланса для низовья р. Охты поступление через вышележащий створ оценивалось как годовой поток ТМ через плотину Охтинского водохранилища по формуле:

$$B_i = a \times S_i \times Q_i \quad (6)$$

где  $B_i$  – годовой сток ТМ, выраженный в тоннах в год;

$S_i$  – среднее годовое значение концентрации ТМ в  $i$ -ом году, выраженное в мг/дм<sup>3</sup> или в мкг/дм<sup>3</sup>;

$Q_i$  – средний годовой расход воды в  $i$ -ом году в м<sup>3</sup>/с;

$i$  – порядковый номер года наблюдений;

$a$  – переходный коэффициент размерностей. При выражении  $S_i$  в мг/дм<sup>3</sup>,  $a = 31,536$ , при выражении  $S_i$  в мкг/дм<sup>3</sup> –  $a = 0,031536$ .

Исходя из формулы (6), для оценки массы ТМ, поступающей через верхний створ, необходимо знать средние годовые концентрации ТМ и средний годовой расход воды в этом створе. Средние годовые концентрации ТМ в верхнем замыкающем створе р. Охты, были получены по данным СЭС, ОАО НИИ «Химволокно» и ОАО «Пластполимер». Средние годовые концентрации ТМ в верхнем замыкающем створе были получены по данным СЗУГМС и СЭС. Таким образом, в зависимости от источника информации о компонентном составе воды в верхнем и нижнем створах, было рассчитано шесть вариантов гидрохимического анализа для низовья р. Охты (табл. 2).

Таблица 2.

Варианты расчёта гидрохимического баланса для низовья р. Охты по данным разных организаций.

Вариант	Верхний створ	Нижний створ
I	СЭС, точка 2	СЭС, точка 1
II	СЭС, точка 2	СЗУГМС, точка 1
III	ОАО НИИ «Химволокно», точка 5	СЗУГМС, точка 1
IV	ОАО НИИ «Химволокно», точка 4	СЗУГМС, точка 1
V	ОАО НИИ «Химволокно», точка 3	СЗУГМС, точка 1
VI	ОАО «Пластполимер», точка 6	СЗУГМС, точка 1

Для учёта сбросов ТМ в пределах расчётного участка из всех источников загрязнения (С) были использованы данные НЛБВУ и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» за 1995-2001 гг. о использовании воды по Форме № 2-тп (водхоз), представленные в тоннах в год. В работе использовались данные как по сточным, так и по ливневым водам.

Составляющие гидрохимического баланса, рассчитанного по вариантам I и II, приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Составляющие гидрохимического баланса ТМ для р. Охты (плотина – устье), рассчитанному по варианту I.  
Верхний и нижний створы – данные СЭС

Медь					
Год	В, т	С, т	О, т	$\Delta$ , т	$\Delta$ , %
1995	0,30	0,36	1,13	0,46	41,18
1996	7,12	0,47	2,61	-4,98	-190,87
1997	0,33	0,37	0,76	0,06	7,81
1998	1,71	0,21	1,57	-0,35	-22,10
1999	1,04	1,16	2,13	-0,07	-3,38
2000	0,55	1,99	1,01	-1,53	-151,92
2001	0,63	1,65	0,97	-1,31	-134,13
Среднее	1,67	0,89	1,45	-1,10	-64,77

Железо				
В, т	С, т	О, т	$\Delta$ , т	$\Delta$ , %
216,02	81,30	460,68	163,37	35,46
331,85	66,43	503,33	105,06	20,87
211,23	71,80	391,12	108,09	27,64
362,19	102,73	602,61	137,70	22,85
150,83	221,00	267,8	-104,03	-38,85
406,44	318,62	628,51	-96,55	-15,36
411,28	314,62	492,96	-232,94	-47,25
298,55	168,07	478,14	11,53	0,76

Свинец					
Год	В, т	С, т	О, т	$\Delta$ , т	$\Delta$ , %
1995	0,29	0,07	0,98	0,63	63,68
1996	0,38	0,07	0,57	0,12	21,42
1997	0,18	0,08	0,89	0,63	71,20
1998	0,41	0,07	0,73	0,25	34,77
1999	0,52	0,81	0,94	-0,39	-41,96
2000	0,41	1,39	0,92	-0,88	-96,12
2001	0,42	1,12	0,54	-1,00	-184,90
Среднее	0,37	0,52	0,80	-0,09	-18,85

Марганец				
В, т	С, т	О, т	$\Delta$ , т	$\Delta$ , %
29,36	9,2	35,07	-3,49	-9,95
33,9	18,02	38,91	-13,01	-33,43
19,17	17,3	23,94	-12,53	-52,34
27,48	14,84	32,64	-9,68	-31,91

$B$  – поступление через вышележащие створы,  $C$  – сбросы ТМ в пределах расчётного участка из всех источников загрязнения,  $O$  – отток ТМ через замыкающий створ,  $\Delta$  – невязка баланса ( $\Delta = O - B - C$ ),  $\Delta, \%$  – невязка ( $\Delta \% = (\Delta * 100\%) / O$ ).

Таблица 4.

Составляющие гидрохимического баланса ТМ для р. Охты (плотина – устье), рассчитанному по варианту II.

Верхний створ – данные СЭС, нижний створ – данные СЗУГМС

Медь					
Год	В, т	С, т	О, т	Δ, т	Δ, %
1995	0,28	0,36	1,86	1,211	65,26
1996	6,69	0,47	1,19	-5,967	-501,79
1997	0,31	0,37	1,28	0,593	46,47
1998	1,60	0,21	1,26	-0,552	-43,79
1999	0,98	1,16	1,16	-0,981	-84,87
2000	0,52	1,99	1,75	-0,759	-43,40
2001	0,59	1,65	2,35	0,112	4,78
Среднее	1,57	0,89	1,55	-0,91	-79,63

Железо				
В, т	С, т	О, т	Δ, т	Δ, %
216,02	81,3	155,98	-141,34	-90,62
331,85	66,43	70,33	-327,95	-466,30
211,23	71,8	109,11	-173,93	-159,41
362,19	102,73	255,44	-209,48	-82,01
150,83	221	156,14	-215,70	-138,14
406,44	318,62	628,51	-96,55	-15,36
411,28	314,62	492,96	-232,94	-47,25
246,85	167,34	132,46	-218,31	-174,71

Свинец					
Год	В, т	С, т	О, т	Δ, т	Δ, %
1995	0,29	0,07	1,82	1,47	80,40
1996	0,38	0,07	1,10	0,65	59,17
1997	0,18	0,08	0,58	0,32	55,84
1998	0,41	0,07	0,62	0,15	23,45
1999	0,52	0,81	1,25	-0,08	-6,47
2000	0,41	1,39	2,10	0,31	14,62
2001	0,42	1,12	1,11	-0,43	-38,98
Среднее	0,37	0,52	1,23	0,34	26,86

Марганец				
В, т	С, т	О, т	Δ, т	Δ, %
29,36	9,2	41,16	2,59	6,30
33,90	18,02	37,05	-14,86	-40,12
19,17	17,30	33,03	-3,44	-10,42
27,48	14,84	37,08	-5,24	-14,75

$B$  – поступление через вышележащие створы,  $C$  – сбросы ТМ в пределах расчётного участка из всех источников загрязнения,  $O$  – отток ТМ через замыкающий створ,  $\Delta$  – невязка баланса ( $\Delta = O - B - C$ ),  $\Delta, \%$  – невязка ( $\Delta \% = (\Delta * 100\%) / O$ ).

Гидрохимический баланс, рассчитанный по шести вариантам за многолетний период имеет невязки, которые, как правило, не превышают 100% от стока в устье, рассчитанному по данным СЗУГМС. Наиболее удачные результаты дал вариант I, рассчитанный по данным СЭС в верхнем и нижнем створах. Невязки баланса здесь за многолетний период не превышают 70%. Несколько большие невязки были получены при расчёте гидрохимического баланса по варианту II, однако и здесь они в отдельные годы редко превышают 100%. Нужно заметить, что невязки, полученные по этим двум вариантам, как правило, имеют отрицательный знак, что означает превышение оттока ТМ над их поступлением в бассейн реки.

Расчёты баланса по вариантам III, IV, V и VI подтверждают результаты, полученные в первом и втором вариантах. Здесь также преобладают невязки с отрицательным знаком. Интересные результаты были получены при расчёте баланса по варианту VI, при анализе данных о ежемесячных концентрациях ТМ в верхнем и нижнем створах (ОАО «Пластполимер» и СЗУГМС) за 2001 г. Так, здесь была получена практически нулевая невязка по меди и положительная невязка по марганцу.

Преобладание отрицательного знака невязок балансов может объясняться заниженной отчётностью предприятий о сбросах ТМ в составе сточных вод. Так же, как уже было сказано, для р. Охты, в результате водопользования происходит увеличение стока воды в устье. Таким образом, заниженная отчётность предприятий об объёмах сбросов сточных вод так же может приводить к искусственному занижению расходов воды в нижнем створе, что может так же быть причиной отрицательных невязок. Кроме того, заход более чистых вод р. Невы в устье р. Охты для нашего расчётного уравнения (5) означает увеличение расхода воды в устье, что влечёт за собой увеличение оттока ТМ из замыкающего створа. Такая поправка сместила бы невязки баланса в положительную сторону.

В результате анализа рассчитанных составляющих гидрохимического баланса для низовья р. Охты, был получен вывод о том, что основным предприятием-загрязнителем низовья р. Охты является ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Масса ТМ, сбрасываемая со сточными водами этого предприятия составляет 80% от общих сбросов в р. Охту.

По данным СЗУГМС и СЭС было рассчитано поступление ТМ в р. Неву со стоком р. Охты за многолетний период. Данные эти хорошо согласуются между собой. Осредненные значения приведены в таблице 5. Полученные значения подтверждают большой вклад р. Охты в загрязнение р. Невы.

Таблица 5.

Среднее многолетнее поступление ТМ в р. Неву со стоком р. Охты, т/год,  
по данным СЗУГМС и СЭС

	Медь	Железо	Свинец	Марганец	Никель
СЗУГМС	2,36	170,02	1,23	37,08	3,52
СЭС	1,45	478,14	0,80	32,64	–

Так же, в результате проведённых исследований был сделан ряд рекомендаций для более точного расчёта гидрохимического баланса ТМ в реках, подверженных высокой антропогенной нагрузке. Так, для более точного учёта поступления ТМ с ливневыми стоками необходимы более частые измерения концентраций в паводок, так как во время снеготаяния в реку поступает большая масса ТМ, увеличивая временную неравномерность поступления металлов. Так же, при расчёте баланса часто возникает проблема расчёта расходов воды в приустьевой части рек, испытывающих подпор. Проведение дополнительных исследований в этой области позволило бы снизить погрешность расчёта оттока ЗВ через нижний створ. Кроме того, при расчёте гидрохимического баланса ЗВ в условиях высокой антропогенной нагрузки, особенно для малых рек, для более точного учёта водности, необходим детальный анализ водохозяйственной деятельности на данной реке. Так, в случае с р. Охтой, объёмы сбросов превышают объёмы забранной воды, что добавляет в среднем 9% от стока в устье.

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

1. В настоящее время при оценке экологического состояния водных объектов суши не учитываются особенности первичной геоэкологической информации. В частности не учитываются неоднородность измерений концентраций загрязняющих веществ по числу и фазам в разные годы, а так же зависимость концентраций ЗВ от водности рек.

2. Доказано, что расчёт средних годовых концентраций ЗВ в речных водах как среднего арифметического по измеренным за год значениям основан на предположении о неизменности расходов воды в течение года, что не соответствует действительности.

3. Разработана методика оценки влияния учёта водности рек на точность расчёта средних годовых значений концентраций ЗВ. Погрешности расчёта средних годовых концентраций за счёт неучёта водности для р. Охты могут достигать 170% от концентраций, рассчитанных с учётом водности, для р. Великой они могут достигать 500%. По обоим водным объектам, погрешность за счёт неучёта водности в 5% случаев по модулю превышает 200%, в 20% случаев – превышает 90%.

4. Для случая отсутствия наблюдений за речным стоком разработана методика для учёта водности на основе метода гидрологической аналогии. Для случая отсутствия надёжного аналога приведены рекомендации по использованию метода типового гидрографа.

5. Разработана и апробирована методика оценки влияния неоднородности рядов наблюдений за концентрациями ЗВ по числу измерений в год на расчёт их средних годовых концентраций.

Диапазон экстремальных абсолютных погрешностей расчётов средней годовой концентрации ТМ при 4 пробах в году по сравнению с 12 срочными измерениями составил от -68,1 до 65,0%. В 5% процентах случаев погрешность составила от 37 до 70% (для разных металлов), а в 20% случаев погрешность составила от 23 до 40%.

6. Разработаны рекомендации по учёту неоднородности рядов наблюдений по числу измерений концентраций ЗВ в год при оценке динамики загрязнения рек во времени.

7. Впервые для р. Охты был рассчитан гидрохимический баланс с учётом всех его составляющих, проведён сбор и обобщение данных различных организаций о компонентном составе вод р. Охты. Было оценено количество ТМ, ежегодно поступающих в р. Неву со стоком р. Охты за многолетний период. По данным СЗУГМС это поступление в среднем составляет для меди – 2,36 т/год, для железа 170 т/год, для свинца 1,23 т/год, для марганца 37 т/год и для никеля – 3,52 т/год.

8. В результате проведённых исследований был разработан комплекс приёмов расчёта гидрохимического баланса ТМ на участках рек, подверженных высокой антропогенной нагрузке.

По теме диссертации опубликованы следующие работы

**Статьи:**

1. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Анализ погрешностей расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках за счёт неучёта водности. // Вестник СПбГУ. Геология, География. Сер. 7, вып. 3, 2008. с. 75-78. (Журнал из списка ВАК).
2. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки. // Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2002. с. 99-103.
3. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки. // Итоговая сессия Учёного совета 30-31 января 2002 г. Материалы конференции. – СПб.: изд. РГГМУ, 2002. с. 198-200.

4. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Характеристика основных источников загрязнения поверхностных вод в бассейне р. Охты. // Всероссийская научная конференция 16-18 ноября 2002 г. Сборник докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 64-68.
5. Третьяков В.Ю., **Колесникова Е.В.** Возможность использования интегральных систем для моделирования процессов массообмена в водотоках. // Итоговая сессия Учёного совета 27-28 января 2004 г. Сборник докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 162-166.
6. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды малых рек г. Санкт-Петербурга (на примере рек Охта и Фонтанка). // VI Республиканская молодёжная научная конференция «Проблемы экологии городов» 27-29 ноября 2003 г. Сборник докладов. Ереван, 2004. с. 175-178.
7. **Колесникова Е.В.** Анализ методов оценки средних годовых концентраций загрязняющих веществ в речном стоке // Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей (5 – 7 декабря 2005 г.) Материалы научной конференции. – СПб.: изд. СПбГУ, 2005. с. 249-251.
8. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Анализ антропогенной нагрузки на малые реки Санкт-Петербурга (на примере реки Охта) // Доклады 4-го Всероссийского гидрологического съезда, секция 4 "Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны" (28 сентября – 1 октября 2004 г.). – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. с. 141-145.

**Тезисы:**

9. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки на примере р. Охты. // Третья Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов 1998 г. Тезисы доклада. – СПб.: Конкурсный центр фундаментального естествознания, 1998. с. 17.
10. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Проблемы оценки загрязнения и самоочищения малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки (на примере р. Охты). // Итоговая сессия Учёного совета РГГМУ 26-27 января 1999 г. Тезисы доклада. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999. с. 130-131.
11. **Колесникова Е.В.** Проблемы анализа качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки (на примере р. Охты) // Тезисы всероссийской научной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (16-18 ноября 1999 г.) – СПб.: изд. РГГМУ, 1999, с. 66-67.
12. **Колесникова Е.В.** Динамика загрязнения вод реки Охта в летний период. // Итоговая сессия Учёного совета РГГМУ. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 151-153.

13. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды рек в условиях высокой антропогенной нагрузки по данным разных организаций. // Пятая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых учёных и специалистов 2000 г. Тезисы докладов. – СПб.: Конкурсный центр фундаментального естествознания, 2000. с 15-16.
14. **Колесникова Е.В.** Анализ качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки. // Седьмая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых учёных и специалистов 2002 г. Тезисы докладов. – СПб.: Конкурсный центр фундаментального естествознания, 2002. с. 72
15. Третьяков В.Ю., **Колесникова Е.В.** Возможность использования интегральных систем для моделирования процессов массообмена в водотоках. // Итоговая сессия Учёного совета РГГМУ 27-28 января 2004 г. Тезисы докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. с. 122-123.
16. **Колесникова Е.В.** Анализ антропогенной нагрузки на малые реки г. Санкт-Петербурга (на примере рек Охта и Фонтанка). // Тезисы 4-го Всероссийского гидрологического съезда, секция 4 "Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны" (28 сентября – 1 октября 2004 г.). – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. с. 84.
17. **Колесникова Е.В.** Методика исследования загрязнения и самоочищения малых рек Санкт-Петербурга в условиях высокой антропогенной нагрузки. // Материалы II Всероссийской конференции «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана» (16 – 19 ноября 2004 г.). – Борок, 2004. с. 37.
18. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.**, Елизарова Н.В. Методика оценки средних годовых концентраций тяжёлых металлов в реках в зависимости от числа измерений. // Итоговая сессия Учёного совета 25 – 26 января 2005 года. Тезисы докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – с. 207.
19. **Колесникова Е.В.** Проблемы анализа качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки. // Тезисы международной научной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (25–27 мая 2005 г.) – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. с. 83-84.
20. **Kolesnikova E.** Some problems of water quality analysis of small rivers under great man's impact. // Materials of the reports of the International conference "Ecological and hydrometeorological problems of the large cities and industrial zones". St.-Peterburg, 25-27 May, 2005. p. 84-85.

21. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Влияние особенностей гидроэкологической информации на оценки состояния водных объектов. // Итоговая сессия Учёного совета РГГМУ 25 – 26 января 2006 г. Тезисы докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. с. 113-114.
22. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.** Сток тяжёлых металлов рек Санкт-Петербурга. // Тезисы международной научной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». (25-27 октября 2006 г.). – СПб.: изд. ЗАО «Крисмас+», 2006. – С.60.
23. Шелутко В.А., **Колесникова Е.В.**, Смыжова Е.С. Проблемы анализа загрязнения речного стока на основе гидрохимических наблюдений. // Сборник тезисов 8 Международного экологического форума «День Балтийского моря» (21-23 марта 2007 г.). – СПб, 2007. с. 327-328.
24. Shelutko V., **Kolesnikova E.**, Smygova E. Problems of the river flow pollution on the basic of hydro-chemical observation. // Сборник тезисов 8 Международного экологического форума «День Балтийского моря» (21-23 марта 2007 г.). – СПб, 2007. с. 329.
25. 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. Тезисы докладов научной сессии, посвящённой 90-летию кафедры гидрологии суши (26-27 марта 2008 г.) – СПб.: изд. СПбГУ, 2008. с. 104-105.