

УДК 629.782.519.711

## ВЛИЯНИЕ ВЫПУСКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОТОКОВ В ГРАНИЦАХ ТЕРРИТОРИИ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ

© 2015 Т.А. Мусихина, Ю.А. Гарюгин, Е.А. Земцова, С.А. Казиенков

Вятский государственный университет, г. Киров

Поступила в редакцию 03.06.2015

Проведены геоэкологические исследования природно-техногенной системы около г. Кирово-Чепецк, включающие в себя анализ данных производственного экологического контроля, влияющих на качество сточных вод промпредприятий и оценку качества воды поверхностных водотоков по приоритетным химическим показателям (азота аммонийного, фторид-иона). В работе уточняется роль современных техногенных факторов (производственных стоков) в формировании химического состава воды водотоков в различные периоды годового цикла водного режима и погодные условия.

Ключевые слова: *геоэкологические исследования, природно-техногенные системы, химический состав, водные объекты*

В рамках геоэкологических исследований на урбанизированной территории центральной части Кировской области в границах Кирово-Чепецкой природно-техногенной системы (далее ПТС) анализировалось и оценивалось качество воды поверхностных водотоков по химическим показателям, что актуально, поскольку главная река ПТС – р. Вятка используется для водоснабжения населения г. Кирова, добычи гидробионтов, а также в качестве рекреационного ресурса. Поверхностные водные объекты на территории ПТС представлены тремя водотоками – это реки Вятка, Просница, Елховка, озерами природного и техногенного происхождения. По среднесезонным данным государственного экологического мониторинга интегральный показатель качества воды в границах исследуемой территории относит воды главной реки – реки Вятка к 3 классу, разряду «А» (загрязненные) [1]. Другие водные объекты ПТС в систему государственного мониторинга водных объектов не включены, поэтому официальная государственная оценка качества их воды отсутствует. Анализ статистических данных, различных научных исследований и предыдущих собственных наблюдений авторов показал, что формирование качества воды водотоков по химическим показателям на территории ПТС происходит за счет: фоновых показателей качества воды водотоков; привноса загрязнений с организованными и неорганизованными

стоками; а также разгрузки загрязненных подземных вод. Вклад влияния тех или иных перечисленных природных и техногенных факторов в процесс формирования химического состава воды исследуемых рек до конца не изучен и во многом зависит от фазы водного режима, поскольку в условиях периодических колебаний водности рек показатели качества воды претерпевают существенные изменения. Особенно заметно колебания концентраций химических веществ проявляются в период резкой нестационарности расходов воды в реках в половодье и паводки. В эти же периоды наблюдаются наиболее резкие изменения концентраций веществ, поступающих в гидрографическую сеть с водосборных площадей.

Анализ многочисленных данных, характеризующих качество воды, поступающей с водосбора, позволяет установить, что может наблюдаться как снижение концентрации, так и ее увеличение по сравнению с условиями пониженной водности. При наличии организованных сбросов увеличение расходов способствует понижению концентраций загрязняющих веществ (ЗВ), а при загрязнении поверхностным стоком – наоборот. [2] В северных малонаселенных регионах при таянии снежного покрова во время половодья наблюдаются изменения химического состава воды водотоков за счет разбавления маломинерализованными тальми водами. В промышленных же районах наоборот – интенсивное весеннее таяние загрязненного снега, депонирующего весь спектр выбрасываемых в атмосферу ЗВ, ухудшает качество воды водотоков. В табл. 1 приведены данные уровня и сроков изменения концентрации азота аммонийного в воде р. Вятка в створе кировского водозабора и соответствующие этим периодам погодные условия, способствующие таянию снега на загрязненной территории исследуемой ПТС.

*Мусихина Татьяна Анатольевна, кандидат географических наук, доцент кафедры технологии защиты биосферы. E-mail: mtamta1@mail.ru*

*Гарюгин Юрий Алексеевич, аспирант*

*Земцова Екатерина Анатольевна, ассистент кафедры технологии защиты биосферы*

*Казиенков Сергей Александрович, ассистент кафедры технологии защиты биосферы*

**Таблица 1.** Некоторые факты превышения фоновых значений и гигиенических нормативов азота аммонийного в воде р. Вятки в районе Кировского водозабора во время интенсивного таяния снега (Мусихина Т.А., Клиндухова А.Д., 2008)

Период повышения концентрации азота аммонийного в забираемой на Кировском водозаборе воде	Интенсивность повышения концентрации азота аммонийного, мг/л	Характеристика гидрологических и погодных условий
18.03.2001	С 0,4 до 1,54	расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля
3 - 11 февраля 2002	С 0,1 до 0,7	расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля с 5 февраля, мокрый снег 3,5,7,9, 11 февраля
5-7 апреля 2003	С 0,4 до 1,4	расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля градусов с 1 апреля, без осадков
с 29 марта по 05 апреля 2004	С 0,4 до 2,2	расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля с 23 марта по 1 февраля (25 марта днем +7 <sup>0</sup> ), мокрый снег 24,25,26,28 марта

Причиной возрастания концентраций азота аммонийного в феврале 2004 г. при обычных для данного периода водного и ледового режимов р. Вятки могло послужить сочетание высокой (около 0<sup>0</sup> и выше) для этого времени года температуры атмосферного воздуха в течение нескольких дней и осадков в виде мокрого снега. Совместное влияние вышеперечисленных факторов вызвали таяние загрязненного поверхностного слоя снежного покрова на промплощадке завода минеральных удобрений и стоку концентрированных загрязненных вод в водотоки. В марте-апреле 2004 г. и начале апреля 2003 г. причиной повышения концентрации азота аммонийного послужило совокупное влияние интенсивного таяния загрязненного снега при плюсовых температурах и поступление загрязненных талых вод в р. Вятку при низких ее расходах в самом начале половодья. При этом в устье р. Елховка (приемник талых вод) в эти же сроки отмечалась концентрация по азоту аммонийному на уровне 73,85 мг/л (при ПДК<sub>хл</sub> = 1,5 мг/л), а в 2004 г. - 34 мг/л [5]. В последние годы заводом минеральных удобрений построен накопитель загрязненных ливневых и талых вод с территории промплощадки, который способствует сбору загрязненного поверхностного стока и регулированию его выпуска в реку Елховка, чем способствует снижению концентрации азота аммонийного в речной воде в особо опасные периоды.

Многолетние наблюдения показали, что наряду с влиянием существующих стационарных выпусков стоков, на территории исследуемой ПТС химический состав природных водотоков изменяется вопреки общепринятым представлениям из-за значительных техногенных нагрузок прошлых лет, поскольку загрязненные природные

компоненты территории (в основном подземные воды) сами стали источниками негативного воздействия на состояние водотоков ПТС. Интенсивность их воздействия во многом зависит от природного фактора - гидрологического режима. Такой во многом комплексный характер негативного воздействия усложняет планирование конкретных и адресных мероприятий по решению проблем охраны окружающей среды на территории ПТС, поэтому в данной работе детализируется и уточняется роль современных техногенных факторов (производственных стоков) в формировании химического состава воды водотоков ПТС.

Исследования проводились во время зимней межени и начале половодья 2015 г. Среди основных предприятий-загрязнителей, сбрасывающих сточные воды в поверхностные водные объекты ПТС, авторами были выделены для анализа завод минеральных удобрений и завод «Полимер», стоки которых сливаются в р. Елховку (2-й приток главной р. Вятки), далее через озеро следуют в р. Просница, а затем через 8 км попадают в р. Вятку на 19-м километре выше по течению от хозяйственно-питьевого водозабора г. Кирова. Сброс загрязняющих веществ со сточными водами с этих предприятий стабильный по расходу и химсоставу и осуществляется более, чем по 25 химическим веществам (азот аммонийный, нитрат-ион, нитрит-ион, хлороформ, ТХАН, перхлорэтилен, хлораль, нефтепродукты, кальций-ион, натрий-ион, фторид-ион, алюминий, ртуть и т.д.). Среди сбрасываемых со стоками загрязняющих веществ для исследования выделены следующие приоритетные ингредиенты:

- для завода минеральных удобрений – азот аммонийный, поскольку по его содержанию имеются проблемы качества подаваемой населению г. Кирова воды из р. Вятка;

- для завода «Полимер» - фториды, которые возможно удалять из стока путем внедрения разрабатываемых авторами технологических решений. Общая масса сброса фторидов за последние десятилетия снизилась многократно, однако проблема загрязнения окружающей среды отходами производства фторполимеров себя не исчерпала, поскольку фториды известны своей устойчивостью и практически не подвержены разложению.

В работе на основе анализа многолетних данных производственного экологического контроля химического состава стоков завода «Полимер» по контролю их влияния на качество воды реки Елховка выявлено, что:

- по сравнению с фоновыми значениями (в створе 200 м выше выпуска) в контрольном створе (500 м ниже по течению от выпуска) наблюдаются постоянные превышения по обоим приоритетным показателям;

- по содержанию фторид-иона при нулевых значениях в фоновом створе на р. Елховке после выпуска стоков завода «Полимер» отмечаются превышения рыбохозяйственных нормативов в 1,7 раза;

- наибольшая кратность превышения фона в контрольном створе по азоту аммонийному

достигает 4,5 раз, при этом превышение рыбохозяйственных нормативов происходит в 5,2 раза, а гигиенических - в 2 раза.

Как известно, организованные выпуски сточных вод основное негативное техногенное воздействие на химический состав воды поверхностных водных объектов оказывают **в меженный период**, особенно во время зимней межени, когда расход воды в реках минимальный. В это же время происходит промерзание загрязненных верхних слоев почвогрунтов, поэтому эта фаза водного режима наиболее подходит для более достоверной оценки влияния выпусков загрязненных стоков.

Для уточнения влияния организованных выпусков на водотоки ПТС авторами составлена программа гидрохимических наблюдений на расстоянии 35 км по направлению продвижения выбранных для изучения специфических химических показателей от выпусков по руслам рек Елховка, Просница и Вятка до створа г. Кирова (в районе городского водозабора), что позволяет проанализировать изменение их содержания ниже по течению по указанным рекам в период зимней межени и начале половодья. Отбор проб воды производился в устье р. Елховка в месте впадения в р. Просница (8 км ниже по течению от выпуска стоков), в фоновом створе (г. Слободской) и в замыкающем створе г. Киров на р. Вятка (35 км от выпуска). Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Динамика изменения содержания в воде водотоков ПТС фторидов и азота аммонийного в 35 километровой зоне от выпуска сточных вод в зимнюю межень, мг/ дм<sup>3</sup>

Наименование вещества	Фоновый створ на р.Елховка* ср.за год/макс.	Контрольный створ на р.Елховка* для завода «Полимер» (500 м) ср.за год/макс.	Устье р.Елховка в месте впадения в р.Просница** (8 км от выпуска) 28.02.2015	Створ г. Киров на р.Вятка** (35 км от выпуска) 28.02.2015
фторид-ион	0/0	0,84/1,3	0,43	0,27
азот аммонийный	0,42/1,03	1,5/2,9	0,11	0,1

Примечание: \*данные производственного экологического контроля за 2014 год, \*\* данные собственных исследований авторов

Относительно **фторидов**, концентрация которых в воде р. Елховка в контрольном створе после выпуска стоков завода Полимер значительно увеличивается, можно сделать вывод о наличии влияния сбросов сточных вод данного предприятия на качество воды р. Елховка от места выпуска до устья. При этом учитывается, что в сточных водах в р. Елховка других заводов фториды не обнаружены. Вдоль русел исследуемых участков рек концентрация фторидов постепенно снижается с 0,43 мг/ куб.дм. до 0,27 мг/куб.дм в основном за счет процессов разбавления и самоочищения. Следует отметить, что, не смотря на нулевые фоновые

значения и тысячекратную разницу в расходах рек Елховка и Вятка, кратность снижения концентрации фторидов по пути следования фторсодержащих стоков от 8-го км (устье р. Елховка) до 35-го км от выпуска (замыкающий для исследования створ на р. Вятка) наблюдается всего в 2 раза. Это говорит о том, что оценивать влияние стоков возможно только на реку Елховка, а для анализа влияния на р. Вятка необходимы дополнительные исследования, в том числе химсостава стоков в выпусках других источников загрязнения.

Кроме содержания в составе сточных вод фтор в речные воды поступает из пород и почв при

разрушении фторсодержащих минералов (апатит, турмалин) с почво-грунтовыми водами и при непосредственном смыве поверхностными водами. Миграционная способность фтора в природных водах в значительной степени зависит от содержания в них ионов кальция, дающих с ионами фтора малорастворимое соединение  $\text{CaF}_2$ . При этом максимальная концентрация фторид ионов отмечается в природных водах, содержащих ионы кальция. Скорость процесса самоочищения во многом зависит от pH. При  $\text{pH} < 7$  значительно усиливается миграционная способность фтор-ионов, за счет образования устойчивых комплексных соединений. Щелочной характер вод в совокупности с увеличением содержания сульфатов и гидрокарбонатов способствует увеличению подвижности фтор-иона. [3] Разрозненность и не многочисленность экспериментальных данных о коэффициентах самоочищения для различных веществ, в том числе и фторидов, не позволяют достаточно точно учитывать процесс самоочищения в водных объектах. Существует необходимость в широком проведении натурных наблюдений с целью оценки коэффициентов самоочищения для разных условий перемещения, с учетом влияния конкретных ландшафтно-климатических условий, сезонных изменений в режиме водных объектов и других условий. [4] Полученные в работе фактические данные могут способствовать оценке самоочищающей способности воды реки Елховка.

Несмотря на то, что прилегающие к р. Елховка (от 0 до 4 км от ее устья) почвы заболочены и содержат некоторые загрязняющие вещества, том числе растворимые фториды в концентрациях выше фоновых (но ниже ПДК<sub>почв</sub>) можно считать, что в период зимней межени влияния на качество

вод не они оказывают, поскольку почвы находятся в промерзшем состоянии и разгрузка фторидов с почвенными водами не происходит.

Относительно концентраций азота аммонийного анализ полученных данных показал, что в рамках работы отсутствует возможность для однозначных выводов по уровню влияния конкретных выпусков, поскольку этот ингредиент содержится также в стоках расположенного ниже по течению завода минеральных удобрений и в разгружающихся в р. Елховка загрязненных озерных и грунтовых водах. При этом по данным производственного экологического контроля завода Полимер среднемноголетние фоновые значения концентраций азота аммонийного довольно высокие, а после выпуска стоков завода еще значительно увеличиваются. В то же самое время в период зимней межени по результатам наблюдений авторов в устьевой части реки Елховка и в реке Вятка содержание азота аммонийного минимально и соизмеримо с фоновыми значениями в поверхностных водах по Кировской области в целом.

По результатам анализа воды по приоритетным химическим показателям в начале и пике половодья содержание фторидов во всех точках отбора отмечалось ниже предела обнаружения, что объясняется разбавлением речных вод талыми водами с водосбора. Содержание азота аммонийного в замыкающем створе в зоне исследования створе выше фоновых по отношению к ПТС значений в воде реки Вятка, но оставалось в пределах гигиенических нормативов. Значения концентраций азота аммонийного на пике половодья не соответствовало среднемноголетним показателям в эти же фазы водного режима, которые составляют около 2 мг/дм<sup>3</sup>. Данные представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Динамика изменения содержания в воде р. Вятка фторидов и азота аммонийного в 35 километровой зоне от выпуска сточных вод в начале и на пике половодья, мг/дм<sup>3</sup>

Наименование вещества	14.04.2015		18.04.2015		10.05.2015	
	фон г.Слободской	замыкающий створ г. Киров	фон г.Слободской	замыкающий створ г. Киров	фон г.Слободской	замыкающий створ г.Киров
фторид-ион	следы*	следы*	следы*	следы*	следы*	следы*
азот аммонийный	0,5	0,74	0,05	0,09	0,05	0,1

Примечание: \*концентрация существенно ниже нижнего предела обнаружения (диапазон определения – 0,18-1800 мг/дм<sup>3</sup>)

**Выводы:** исследованы отдельные техногенные факторы формирования химического состава поверхностных водных объектов (сброс сточных вод) на территории Кирово-Чепецкой ПТС в разные фазы водного режима (зимняя межень, начало и пик половодья). Проанализировано влияние сбросов приоритетных химических веществ (азота аммонийного и фторид-иона) со стоками предприятий на содержание этих веществ в воде поверхностных водных объектах на расстоянии 35

км ниже по течению от выпусков, при этом выявлены следующие закономерности:

1) в период зимней межени основное негативное воздействие на химсостав воды рек ПТС оказывают организованные выпуски производственных сточных вод;

2) несмотря на то, что за последние десятилетия масса сброса фторидов с производственными сточными водами в р. Елховка снизилась более, чем в 5 раз, в настоящее время в период зимней

межени можно говорить об их влиянии на качество воды р. Елховка на территории ПТС, поскольку ниже по течению от места выпуска наблюдается значительное увеличение фоновых показателей фторидов вплоть до створа Кировского водозабора, расположенного на р. Вятка в 35 км ниже по течению;

3) сброс азота аммонийного в р. Елховка с организованными стоками промпредприятий в период зимней межени практически не оказывает влияния на уровень его содержания в воде р. Вятка – источнике водоснабжения г. Кирова;

4) полученные данные химсостава воды р. Вятка в период начала и на пике половодья 2015 г. не соотносятся со среднемноголетними данными, поэтому требуются дальнейшие исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. «О состоянии окружающей среды Кировской области» / Региональные доклады Правительства Кировской области за 2008-2013 годы
2. *Войнович-Сяноженецкий, Т.Г.* Методика прогнозирования качества поверхностных вод в условиях интенсивного освоения водосборов / *Т.Г. Войнович-Сяноженецкий, Ф.Г. Марайновский, Е.В. Мясникова* и др. // Качество вод и научные основы их охраны: труды 5 Всесоюзного гидрологического съезда – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 504 с.
3. *Горелова, Л.П.* Оценка прогноза качества воды в пунктах ОГСНК / *Л.П. Горелова, Н.В. Вышковская* // Качество вод и научные основы их охраны: труды 5 Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 504 с.
4. *Быц, И.Д.* Перспективы развития методики долгосрочного прогнозирования качества речных вод / *И.Д. Быц, Е.И. Бреслав, Г.А. Сухоруков, Г.М. Черногаева* // Качество вод и научные основы их охраны: труды 5 Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 504 с.
5. *Мусихина, Т.А.* Некоторые особенности формирования химического состава воды реки Вятки в среднем течении / *Т.А. Мусихина, А.Д. Клиндухова* // Материалы XXVIII Российской школы УрО РАН, Екатеринбург, 2008. С. 112-114.

### THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL WASTE ON THE FORMATION OF WATER FLOWS CHEMICAL COMPOSITION WITHIN THE TERRITORY OF KIROVO-CHEPETSK NATURAL-TECHNOGENIC SYSTEM

© 2015 Т.А. Musikhina, Yu.A. Garyugin, E.A. Zemtsova, S.A. Kazienkov

Vyatka State University, Kirov

Geocological researches of natural-technogenic systems in Kirovo-Chepetsk, including analysis of ecological production control affecting the quality of sewage treatment, industrial enterprises and evaluation of water quality of surface water flows in the priority chemical parameters (ammonia nitrogen, fluoride ion) were conducted. In the paper it was clarified the role of modern technological factors (industrial waste) in chemical composition of water streams in different periods of the annual cycle of water regime and weather conditions.

Key words: *geocological research, natural-technogenic systems, chemical composition, water objects*

---

*Tatiana Musikhina, Candidate of Geography, Associate Professor at the Department of Biosphere Protection Technology. E-mail: mtamta1@mail.ru*  
*Yuriy Garyugin, Post-graduate Student*  
*Ekaterina Zemtsova, Assistant at the Department of Biosphere Protection Technology*  
*Sergey Kazienkov, Assistant at the Department of Biosphere Protection Technology*