

УДК

## ВЛИЯНИЕ «ОТЛОЖЕННЫХ» ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА Г. КИРОВО-ЧЕПЕЦК)

© 2011 г. А.П. Лепихин, Ю.С. Ляхин

*Камский филиал ФГУП «Российский научно-исследовательский институт  
комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Пермь*

**Ключевые слова:** гидрохимический режим, техногенная нагрузка, водоснабжение, диффузный сток, рассредоточенные нерегулируемые источники, загрязнение подземных вод.

В работе рассмотрены особенности формирования гидрохимического режима р. Елховки под воздействием крупного химического комплекса и оценены масштабы и интенсивность поступления сформированных ранее загрязнений в водные объекты.

### **Введение**

В настоящее время весьма острой становится проблема актуализации «отложенных загрязнений» т. е. перехода потенциальных угроз ранее сформированных и накопленных загрязняющих веществ в реальные источники загрязнений. Для поверхностных водных объектов такими актуализирующими отложенными источниками, наиболее часто, являются фильтрационные разгрузки закаченных ранее в подземные горизонты сточных вод.

В классическом представлении загрязняющие вещества с отводимыми с предприятий сточными водами непосредственно поступают в водные объекты. При этом пренебрегают временным интервалом между их сбросом с промышленного комплекса и поступлением в водный объект. «Отложенное» загрязнение представляет собой потоки загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты, через достаточно длительное время от их генерации.

Современное природоохранное законодательство строится на гипотезе взаимной синхронности, одномоментности сброса, отведения сточных вод и возможных экологических последствий. Данный подход позволяет достаточно просто оценивать

влияние регламентных сбросов. Однако, в ряде случаев, применяемая схема отведения сточных вод, основанная на их локализации на достаточно длительный срок в подземные захоронения, не действует. При этом, вследствие погрешностей расчетов и нерегламентных условий эксплуатации этих захоронений, уже в настоящее время, в ряде случаев, наблюдается поступление загрязняющих веществ (ЗВ) из этих локализаций. В целом, глубинное размещение жидких отходов и промстоков рассматривается как временная мера защиты экосферы от вредного воздействия отходов до разработки полностью безотходных технологий [1].

Данная проблема актуальна не только для России, но и для других стран, использующих подземные захоронения для сточных вод. Так, в настоящее время, хлоридное загрязнение р. Верра более чем на 2/3 формируется за счет инфильтрации ранее закачанных в подземные горизонты избыточных рассолов предприятия Kali und Salz (Германия).

Решение этой проблемы значительно усугубляется временным фактором. Период от закачки сточных вод в подземные горизонты, до начала их разгрузки в поверхностные водные объекты может составлять десятки лет. За это время не только может неоднократно смениться собственник предприятий, но и структура профильного производства.

Для того чтобы иметь возможность приступить к решению правовых и экономических аспектов данной, весьма сложной, проблемы, необходимо, в первую очередь, оценить масштабы этих потоков загрязнений на отдельных конкретных примерах. В качестве такого, весьма показательного примера, можно рассмотреть воздействие крупного промышленного комплекса Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК) на прилегающие водные объекты.

ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат» – крупнейшее промышленное предприятие Кировской области. Один из крупнейших в России и Европе производителей полимеров и удобрений. Градообразующее предприятие г. Кирово-Чепецка. В настоящее время выпускается широкий спектр полимеров (фторопласты, фторкаучуки и др.), минеральные удобрения (аммиачная селитра, нитроаммофосфат, азопреципитат и др.), фреоны и другая химическая продукция, медицинские изделия – искусственные клапаны сердца, материалы для кардиохирургии. Датой основания предприятия считается 8 октября 1946 г, когда было принято решение о строительстве промышленного комплекса по атомной тематике и создании производственных мощностей по выпуску химической продукции на основе хлора и фтора.

За весьма продолжительный период работы предприятия на прилегающей территории (пойма р. Вятки) было организовано несколько крупных объектов по размещению отходов, среди которых следует выделить: участок размещения отходов 3–4 классов опасности, трехсекционный шламонакопитель, хвостохранилище мела, объекты размещения радиоактивных отходов (федеральная собственность), полигон подземного захоронения промышленных сточных вод КЧХК и др [2].

Такое активное техногенное использование территории не могло не повлиять на экологическую ситуацию в данном районе. Наиболее показательным и проблемным пунктом является загрязнение подземных и поверхностных вод. Проведенные ранее исследования, в частности, ООО «Геосервис» (2006 г.) [2], выявили сложный качественный состав загрязнения грунтовых вод, где особняком стоят азотное и хлоридно-натриевое загрязнения. Данные воды разгружаются в пойменные озера Бобровое, Сосновое, Березовое, карьер оз. Березовое, северную часть карьера ЗМУ (Завод минеральных удобрений) и в р. Елховку. Затем поступают в основную водную артерию региона – р. Вятку, что негативным образом сказывается на системе питьевого водоснабжения регионального центра – г. Кирова.

До определенного момента система водных объектов не испытывала существенной разгрузки загрязненных подземных вод. Пики поступления загрязненных вод отмечались лишь в периоды высоких половодий, когда происходило вымывание накопившегося загрязнения в водоемах, пойменных понижениях и из донных отложений водотоков. Ввиду существенного разбавления паводочными водами, хотя и отмечается превышение лимита загрязняющих веществ в контрольных створах, но оно не носит критический характер и не нарушает режим водоснабжения нижерасположенных населенных пунктов, в том числе г. Кирова. В последние же годы наблюдаются значительные превышения содержания загрязняющих веществ (особенно азотной группы), что не позволяет работать нижерасположенным водозаборам в бесперебойном режиме. Кроме того, превышения по азотсодержащим веществам (до 20–30 ПДК<sub>рх</sub>) стали фиксироваться в устье р. Елховки в течение практически всего года.

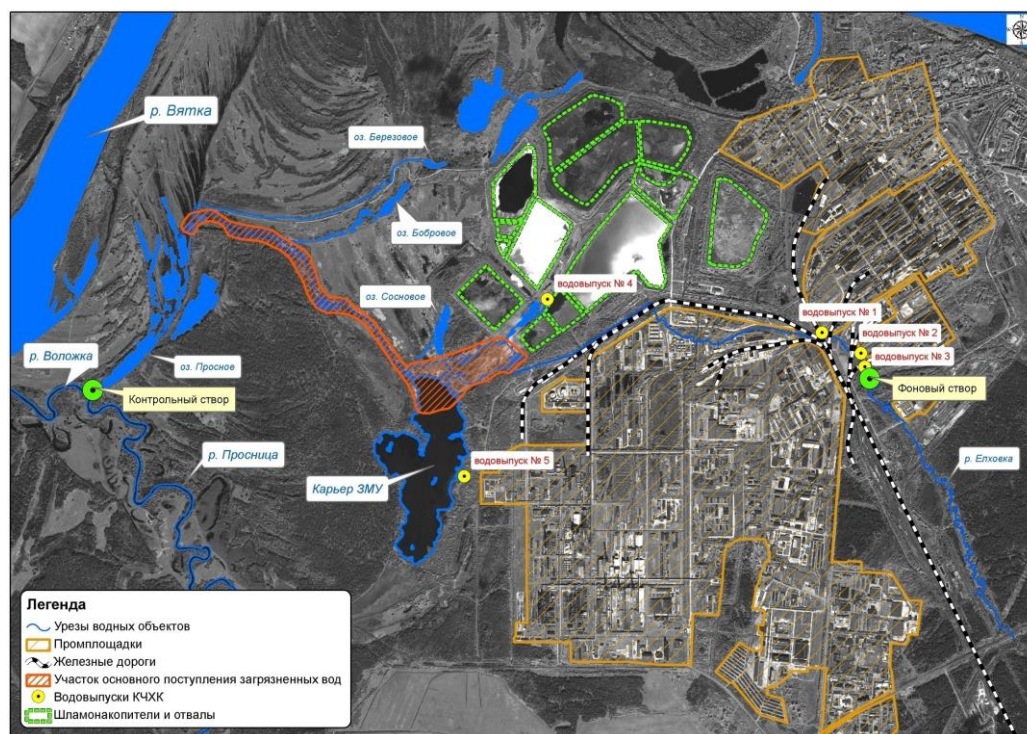
Поэтому главная задача заключалась в оценке масштабов и генезиса нерегламентируемых точечных и рассредоточенных (диффузных) источников поступления загрязненных вод в р. Елховку на основе имеющихся данных наблюдений и по материалам натурных обследований.

## Условия формирования гидрологического и гидрохимического режимов р. Елховки

В рамках выполнения работ по договору с КЧЖК в 2009–2010 гг. были проведены исследования по выявлению особенностей формирования гидрологического и гидрохимического режимов р. Елховки с учетом существующей системы водоотведения предприятий.

Река Елховка является притоком второго порядка р. Вятки. После слияния с р. Просницей они вместе образуют новый водоток – р. Воложку. Река Елховка по уточненным данным имеет площадь водосбора 52 км<sup>2</sup>, длину 21,3 км, средний уклон 0,0026, падение реки 55 м, залесенность водосбора около 20 % (рис. 1).

**Рис. 1.** Картосхема нижней части бассейна р. Елховки.



Средний многолетний расход воды в фоновом створе (8,1 км от устья) – 0,24 м<sup>3</sup>/с, в устье реки – 0,38 м<sup>3</sup>/с. Максимальные расходы весеннего половодья обеспеченностью 1 % в рассматриваемых створах составляют 17,3 и 28,5 м<sup>3</sup>/с, соответственно.

Соотношение подземной и поверхностной составляющих стока существенно меняется по сезонам. Весной доля подземного стока невелика, в среднем, 10–15 % от суммарного стока за сезон. В поверхностном стоке (85–90 %) почти исключительная

роль принадлежит талым водам, поскольку в период весеннего половодья дождевые осадки, как правило, незначительны, однако в отдельные годы с дождливыми веснами она достигает 20–25 % [3]. Суммарный сток в период летне-осенней межени складывается на 50–60 % из поверхностного и на 40–50 % из подземного. Зимой река практически полностью питается запасами подземных вод [4].

Гидрохимический режим рассматриваемого водотока, как и других рек, носит стохастический характер и определяется достаточно сложным сочетанием естественных и антропогенных факторов. Гидрохимический состав природных вод в настоящее время нельзя рассматривать как формирующийся только за счет чисто естественных факторов, под которыми понимаются процессы обмена химических веществ между различными природными средами. Разнообразная хозяйственная деятельность человека косвенно или явно оказывает влияние на формирование химического состава.

В связи с тем, что условия формирования гидрологического и гидрохимического режимов реки на всем протяжении не остаются одинаковыми, данный водоток при анализе следует разделить на 2 участка.

Верхний участок (около 13 км от истока) ограничивается фоновым створом на данной реке, используемом при мониторинге водного объекта химическим комбинатом (см. рис. 1). Данный участок расположен в менее освоенной части водосбора. Доля талых и дождевых вод в питании реки составляет около 70 %, что обуславливает наличие характерных для данного района поверхностных вод – гидрокарбонатно-кальциевого состава [5].

Практически в течение всего года на верхнем участке концентрации по большинству химических компонентов колеблются в достаточно узком диапазоне. Существенные изменения начинают фиксироваться только при прохождении волн половодий и паводков, когда происходит подтопление прилегающей территории. Даже при возрастающих в разы расходах воды и уменьшении общей минерализации, изменение концентраций по некоторым компонентам может увеличиваться в десятки раз. Данный факт объясняется не только заболоченностью территории, но и возрастанием роли диффузного стока (смыв) (табл. 1).

Наличие болот на водосборе обуславливает поступление вод со специфическим гидрохимическим составом, которые характеризуются малой минерализацией, повышенным содержанием железа и органических соединений.

В целом, в формировании гидрохимического режима первого участка достаточно ясно прослеживаются черты естественного происхождения. Но нельзя не отметить тот факт, что поступление некоторых компонентов (азот аммонийный, нефтепродукты, фосфаты) объясняется поверхностным диффузным стоком и влиянием формирующегося вторичного загрязнения.

**Таблица 1.** Среднегодовые концентрации и вынос загрязняющих веществ в характерных створах р. Елховки, среднегодовой расход воды в фоновом створе – 0,15, контрольном – 0,99 м<sup>3</sup>/с (по материалам мониторинга ООО «Завод полимеров КЧХК»), 2009 г.

Сбрасываемое вещество	Фоновый створ		Контрольный створ		Доля стока ЗВ в фоновом створе по отношению к контрольному, %
	Среднегодовая концентрация, мг/л	Вынос вещества, т/год	Среднегодовая концентрация, мг/л	Вынос вещества, т/год	
ХПК	23,6	108	26,8	834	13
Азот аммонийный	0,31	1,41	10,5	328	0,4
Нитрат-ион	14,6	66,8	99,4	3089	2,2
Нитрит-ион	0,08	0,36	0,60	18,6	1,9
Стронций	0,57	2,60	1,81	56,2	4,6
Фосфаты	0,061	0,28	0,03	0,85	33
Кальций-ион	61,3	280	122	3797	7,4
Натрий-ион	10,8	49,3	152	4726	1,0
Хлорид-ион	24,3	111	326	10133	1,1
Сульфат-ион	26,9	123	94,0	2923	4,2
Фторид-ион	–	–	0,63	19,6	–
Калий-ион	2,37	10,8	8,54	265	4,1
Железо (валовая форма)	0,41	1,89	0,197	6,10	31
Железо (растворимая форма)	0,24	1,11	0,115	3,56	31
АПАВ	0,014	0,06	0,028	0,87	7,4
Гидрокарбонаты	270	–	202	–	–

Совершенно иначе происходит формирование гидрохимического режима на нижнем участке (около 8 км) (см. рис. 1). Расположенные здесь водовыпуски предприятий, заболоченные территории, шламохранилища, трубопроводы, автомобильные и железнодорожные переходы вносят свой вклад в загрязнение водотока.

Особняком в данном списке стоят выпуски КЧХК, с которыми поступает не только около 65 % вод (от общего стока) (данные отчетности за 2009 г.), но и существенная доля поллютантов. Однако, гораздо большая их часть, попадает в р. Елховку как с точечными, так и с рассредоточенными недеклалируемыми источниками. К ним в данном случае относятся: протоки с пойменных озер и карьеров, подземные разгрузки в русловую часть реки, поверхностный диффузный смыв. Основными лимитирующими загрязняющими веществами на данном участке являются: азот аммонийный, нитрат-ион, нитрит-ион, натрий-ион, хлорид-ион. Здесь привносится 97–99 % от общего химического стока по данным веществам.

Одной из важных задач данной исследовательской работы было выделение роли нерегламентируемых источников загрязнения р. Елховки на протяжении от фонового до контрольного створов. Для достижения этой цели было принято решение выделить на рассматриваемой территории 3 расчетных подучастка (см. рис. 1):

- 1) р. Елховка – от фонового створа (измерительный лоток) до створа ниже трех выпусков ООО «Завод полимеров КЧХК»;
- 2) р. Елховка – створ ниже трех выпусков до створа ниже карьера ЗМУ;
- 3) р. Елховка – створ ниже карьера ЗМУ до контрольного створа (измерительный лоток).

На первом расчетном подучастке расположено 3 водовыпуска ОАО «КЧХК», на втором – 2, на третьем регламентируемых сбросов нет (см. рис.1).

На основе балансового метода, через приходные и расходные составляющие в конкретных створах, были получены потоки поступления каждого из контролируемых загрязняющих веществ. В частности, расчеты показали, что на самом нижнем подучастке (~3 км), по ЗВ азотной группы, поступает около 60–80 % от общего их объема. Кроме этого, проведенные натурные обследования и последующие расчеты позволили выявить существенные различия в генезисе недеклалируемых источников. Если на 1-ом подучастке преобладают точечные недеклалируемые источники (заброшенные, бесхозные), то на 2-ом и 3-ем – рассредоточенные. Их интенсивность, в первую очередь, зависит от уровня грунтовых вод на данной территории. В осенний период 2009 г. отмечается повышенный вынос нитратов, хлоридов и натрия. В то же время, летом 2010 г., вследствие экстремальной засухи, уровень грунтовых вод был гораздо ниже и концентрация ЗВ значительно уменьшилась, что нашло отражение в табл. 2.

**Таблица 2.** Удельная интенсивность недекларируемых источников загрязнения по отдельным участкам водосбора р. Елховки (мг/с·км<sup>2</sup>)

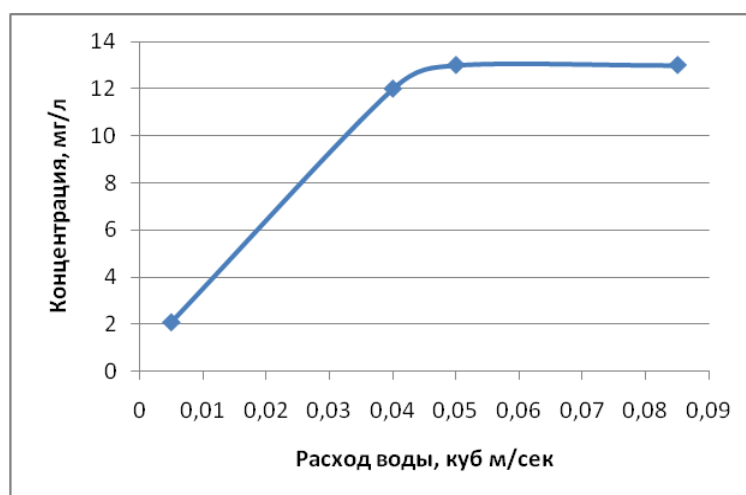
Период	Ингредиенты					
	Азот аммонийный	Нитрат-ион	Нитрит-ион	Натрий-ион	Хлорид-ион	Калий-ион
<b>Фоновый подучасток</b>						
Осенняя межень (октябрь 2009)	0,5	50,5	0,1	37,0	77,4	8,1
Зимняя межень (март 2010)	2,0	51,4	0,1	48,8	74,5	4,4
Весеннее половодье (май 2010)	1,0	31,9	0,1	55,0	137	13,2
Летняя межень (август 2010)	0,1	8,7	0,0	12,1	24,2	2,2
<b>I подучасток</b>						
Осенняя межень (октябрь 2009)	51,2	37,3	0,0	12379	22231	428
Зимняя межень (март 2010)	33,4	223	0,0	13174	23885	188
Весеннее половодье (май 2010)	101	-	1,5	22934	37710	167
Летняя межень (август 2010)	5,5	-	0,5	8754	41153	310
<b>II подучасток</b>						
Осенняя межень (октябрь 2009)	-	328	0,0	0,0	0,0	0,0
Зимняя межень (март 2010)	208	0,0	0,0	0,0	0,0	112
Весеннее половодье (май 2010)	142	737	0,0	0,0	0,0	0,0
Летняя межень (август 2010)	73,4	0,0	0,0	0,0	0,0	648
<b>III подучасток</b>						
Осенняя межень (октябрь 2009)	1231	9044	6	11466	17522	342
Зимняя межень (март 2010)	1167	5511	0	2688	7033	174
Весеннее половодье (май 2010)	1968	8949	77	3455	6911	120
Летняя межень (август 2010)	0	1710	0	733	5497	0

Выполненные ранее ООО «Геосервис» в 2005–2006 гг. [2] работы по обследованию состава разгружаемых грунтовых вод (скважины) позволили выявить несколько основных областей повышенной минерализации. Первая, наиболее обширная, включает в себя территории, прилегающие к хвостохранилищу мела,



трехсекционному шламонакопителю, а также значительные площади к западу от них и протягивается вдоль поймы р. Елховки. Максимальный уровень загрязнения зафиксирован в районе оз. Бобровое. Здесь минерализация грунтовых вод достигает значения в 72 000 мг/л. Вторая область повышенной минерализации зафиксирована вблизи западной границы территории завода полимеров. Здесь, начиная с 1997 г., в пробах грунтовых вод из скважин фиксируется минерализация на уровне 100 000 мг/л.

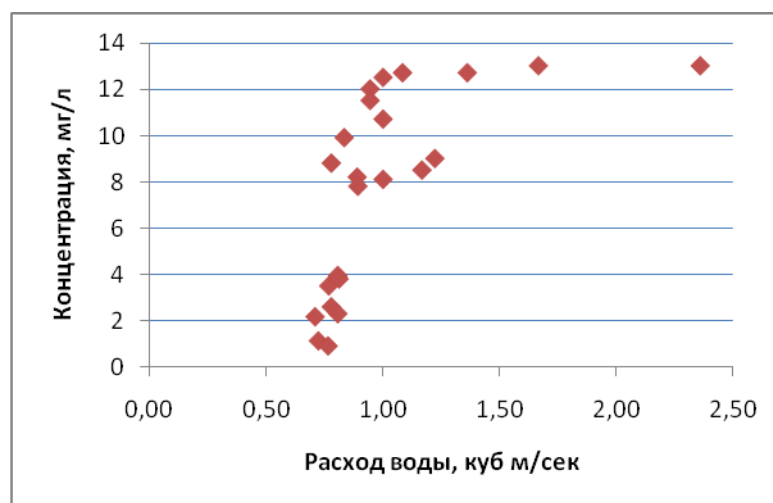
Расположенные на водосборной территории достаточно глубокие (6–8 м) карьеры и озера дренируют подземные горизонты и принимают загрязненные воды. Далее по существующим протокам из озер Бобровое, Сосновое, Березовое и обводненных карьеров вода поступает в р. Елховку (см. рис. 1). Зависимость содержания азота аммонийного в контрольном створе р. Елховки от суммарного расхода проток из озер и карьеров приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Зависимость содержания азота аммонийного (мг/л) в контрольном створе р. Елховки от суммарного расхода проток из озер и карьеров.

Проводимые в течение нескольких сезонов исследования позволили выявить еще один достаточно интересный момент. Действующие системы регламентации отведения сточных вод построены на априорном наличии обратно пропорциональной зависимости между содержанием загрязняющих веществ в контрольном створе и водностью водотока-приемника. При этом предполагается, что содержание загрязняющих веществ в контрольном створе определяется только процессами разбавления сбрасываемых стоков, но как показали выполненные исследования, в

настоящее время в р. Елховке наблюдается резкое увеличение содержания азота аммонийного при увеличении расходов (рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимость содержания азота аммонийного (мг/л) от расхода воды в контрольном створе р. Елховки.

Данная парадоксальная зависимость подтверждает наличие доминирующего вклада фильтрационных разгрузок в формировании гидрохимического режима рассматриваемого водотока. Интенсивность поступления загрязнения от рассредоточенных (диффузных) источников значительно превышает интенсивность возможных процессов разбавления.

Все это свидетельствует о том, что не только природная составляющая, но и декларируемые техногенные источники, теряют свою значимость в формировании гидрохимического режима реки.

### **Результаты и выводы**

Проведенные исследования по комплексной оценке влияния Кирово-Чепецкого промышленного комплекса на водные объекты наглядно и со всей очевидностью показали, что доминирующее влияние на характер гидрохимического и гидробиологического режимов р. Елховки оказывают не актуальные источники загрязнения, а «отложенные», сформированные десятки лет назад. Современное общество становится заложником тех решений, которые были приняты 50–60 лет назад. Решая в то время экологические проблемы достаточно быстро и «малой кровью», территория получила, в результате, неуправляемые источники загрязнения, интенсивность которых может, из-за их специфики, существенно возрасти.

Поэтому все водоохранные мероприятия без решения проблемы загрязненных подземных вод в лучшем случае будут сводиться к перераспределению путей миграции и интенсивности загрязняющих потоков. Следует подчеркнуть, что при любой схеме водоотведения, любом комплексе водоохранных мероприятий, реализуемых на действующих водовыпусках, без радикальных решений загрязнения подземных вод и реабилитации всей прилегающей территории качество вод в р. Вятке, в первую очередь, при прохождении высоких паводков, не может быть улучшено. Поэтому решение данной проблемы возможно только при серьезной государственной поддержке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.Н. Экологические проблемы глубинного размещения жидких промышленных отходов // Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду. М.: ЦЭП, 1997. № 6. С. 87–96.
2. Отчет по результатам комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности ОАО КЧХК и прилегающей к нему площади водосбора на режим формирования качества и количества стоков (в 3 томах). Том 1. Текст отчета. ООО «Геосервис». Киров, 2006.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 82 с.
4. Отчет о гидрологических работах за 1989 год для проекта отведения сточных вод с территорий предприятия П/Я А-1619. Государственный союзный проектный институт. 376-0-ИГМ-15. 1990.
5. Отчет по результатам анализа действующей системы водоотведения предприятий ООО «Завод полимеров КЧХК», ЗАО «ЗМУ КЧХК». Текст отчета. Камский филиал ФГУП «РосНИИВХ». Пермь, 2010.

#### **Сведения об авторах:**

Лепихин Анатолий Павлович, д.г.н., профессор, директор Камского филиала ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (КамНИИВХ), 614007, г. Пермь, ул. Народовольческая, 33, e-mail: Lepihin49@mail.ru

Ляхин Юрий Сергеевич, инженер, КамНИИВХ, г. Пермь, e-mail: Ljahin85@mail.ru