



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Принципы гидролого-экологической оценки
состояния малого городского водотока
(на примере р. Оккервиль)

Исполнитель Южно Артём Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Угенинов Геннадий Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«20» 06 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
	5
1	7
2	
3	15
5	
5.1	
5.1.1	
5.1.2	
5.1.3	
5.1.4	
5.1.5	
5.1.6	
5.2	
5.3	
6	
6.1	
6.2	
6.3	
7	
7.1	
7.2	
7.3	
8	

9	<p data-bbox="1321 152 1398 197">Стр.</p> <p data-bbox="352 219 1050 264">Нормирование качества воды р. Оккервиль</p> <p data-bbox="352 282 916 327">Оценка результатов нормирования</p> <p data-bbox="352 344 549 389">Заключение</p> <p data-bbox="352 407 943 452">Список использованных источников</p> <p data-bbox="352 470 788 515">Приложение А– Заголовок</p>	
---	---	--

СОКРАЩЕНИЯ

ПДК	-	Предельно допустимая концентрация	
ОГСНК	-	Общегосударственная система наблюдения и контроля	
ИЗВ	-	Индекс загрязнения воды	
ПДС	-	Предельно допустимые сбросы	
ВЗ	-	Водоохранная зона	
ПЗП	-	Прибрежная защитная полоса	
ГВВ		Горизонт высоких вод	
СКО		Среднеквадратическая погрешность	

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей гидролого-экологической проблемой является нормирование водоотведения в водные объекты на урбанизированных территориях. *Объект исследования* в данной работе – река Оккервиль как нельзя лучше подходит для разработки данной проблематики. Реку можно отнести к малым водотокам, протекающим преимущественно урбанизированной территории. Малые водотоки являются коллектором всех загрязнений, протекающих на водосборе, и могут частично или полностью утрачивать ассимилирующую способность.

В настоящее время на территории Российской Федерации применяется разработанный ВНИИприроды региональный принцип нормирования, основанный на выделении регионов, однородных по природным условиям и уровню антропогенной нагрузки. *Цель работы* – произвести доработку данной методики локальным принципом применительно к водотокам, имеющим один или более значительных выпусков, резко меняющих экологическое состояние ниже по течению водотока на примере р. Оккервиль. Задача данного принципа заключается в стабилизации экологического состояния и недопущение деградации водотока.

Актуальность задачи продиктована всевозрастающим антропогенным давлением на водные объекты в больших городах. Экологическое же состояние малых водотоков – наиболее оперативный индикатор его изменения, деградации.

Исходными данными для проведения данной работы послужили ряды расходов и модулей стока воды за период с 1932 по 1997 года р. Оккервиль и ее аналогов, концентраций основных загрязняющих веществ и мутности.

Косвенно в данной работе затрагиваются такие важные проблемы как:

- несовершенство нормативно-правовой базы в вопросах

водопользования и водопотребления;

- методы определения величины „природного” фона загрязнения;

- целесообразность применения локальных ПДК;

- оценка диффузного загрязнения и загрязнения сосредоточенным выпуском сточных вод;

- разработка комплекса мероприятий, необходимых для приведения сбросов к установленным нормативам в рассматриваемых условиях.

Информационной и методической основой разработки темы послужила методика нормирования качества воды малых водотоков, разработанная СФ ВНИИприроды. При развитии темы были задействованы знания, полученные из целого комплекса дисциплин: Экономика водопользования, Экономика гидрологического обеспечения хозяйственной деятельности, Гидрорасчеты, ГМИ, Экология, Общая Гидрология, Методы статистической обработки гидрометеорологической информации, Гидропрогнозы, Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности, Охрана и мониторинг поверхностных вод суши и другие.

1 Законодательно-правовые основы нормирования качества воды

Правовые основы нормирования допустимой нагрузки на водные объекты в нашей стране закреплены в водном законодательстве. Основным документом в области правового регулирования отношений использования и охраны водных объектов, а также поддержания их в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям, является Водный кодекс Российской Федерации. На сегодняшний день действует Водный кодекс от 03.06.2006г. (с изм. 28.11.2015) [1]. Если ранее, в редакции 1995 года в статье 82 в нем следующим образом определено понятие нормирования: «Нормирование в области использования и охраны водных объектов заключается:

- в установлении лимитов водопользования (водопотребления и водоотведения);
- в разработке и принятии стандартов, нормативов и правил в области использования и охраны водных объектов».

В редакции 2006 года понятие нормирование вошло в состав более универсального и широкого понятия «Схемы комплексного использования и охраны водных объектов», устанавливающие следующие показатели:

- целевые показатели качества воды в водных объектах на период действия этих схем;
- перечень водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов;
- водохозяйственные балансы, предназначенные для оценки количества и степени освоения доступных для использования водных ресурсов в границах речных бассейнов и представляющие собой расчеты потребностей водопользователей в водных ресурсах по

сравнению с доступными для использования водными ресурсами в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности (с учетом неравномерного распределения поверхностного и подземного стоков вод в различные периоды, территориального перераспределения стоков поверхностных вод, пополнения водных ресурсов подземных водных объектов);

- лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и лимиты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности;
- квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности в отношении каждого субъекта Российской Федерации;
- основные целевые показатели уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, перечень мероприятий, направленных на достижение этих показателей;
- предполагаемый объем необходимых финансовых ресурсов для реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти, рассматриваются бассейновыми советами и утверждаются для каждого речного бассейна уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти[1].

Помимо Водного кодекса РФ основными нормативно-правовыми актами в сфере водопользования являются:

- Федеральный закон от 30.03.99 №52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения";
- Федеральный закон от 07.12.2011 №416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении" (с изм. от 23.07.2013);
- Постановление правительства РФ от 21.06.2013 №525 "Об утверждении правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод";
- СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод";
- Положение в государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденное Постановлением Правительства от 24.07.2000 №554 (с изм. от 15.09.2005);
- ГН 2.1.5.1315-03 "ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования";
- ГН 2.1.5.690-98 "Ориентировочно допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого культурно-бытового водопользования";
- Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (утв. Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 №20).

При этом Водный кодекс признается основополагающим документом и все разрабатываемые «стандарты, нормативы и правила», как и любые законодательные акты в области охраны водных объектов не должны противоречить ему. В статье 35 Водного кодекса имеются следующие постулаты:

- Поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии,

соответствующем требованиям законодательства, обеспечивается путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты;

- Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды в водных объектах;

- Утверждение нормативов допустимого воздействия на водные объекты осуществляется в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации;

- Количество веществ и микроорганизмов, содержащихся в сбросах сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водные объекты;

- Целевые показатели качества воды в водных объектах разрабатываются уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти для каждого речного бассейна или его части с учетом природных особенностей речного бассейна, а также с учетом условий целевого использования водных объектов, расположенных в границах речного бассейна;

- Целевые показатели качества воды в водных объектах утверждаются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации[1].

Необходимость учитывать при нормировании не только экологические, но и экономические и социальные факторы в законодательстве подчеркивается в статье № 23 Федерального закона «Об охране окружающей среды»:

«Нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов устанавливаются ... исходя из нормативов допустимой

антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативов качества окружающей среды, а также технологических нормативов.

Технологические нормативы устанавливаются ... на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов» [2].

Водный кодекс Российской Федерации основывается на принципе поступательного развития экономики при условии сохранения природного состояния водных объектов. Видимо, при нынешнем экономическом уровне развития производства зачастую это невозможно. Методика, по которой в данной работе производится нормирование допустимых сбросов, более либеральна и не является сейчас официальной, т.к. вступает в противоречие с приведенным отрывком из статьи 35 Водного кодекса, но является наиболее экологически эффективной с точки зрения сохранения ассимилирующей способности малового водотока. Стоит отметить что данная статья с 2019 года будет дополнена понятием временно разрешенных сбросов (Статья № 23.1) как раз учитывает ситуацию, рассматриваемую в данной квалификационной работе: «...становление временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов допускается только при наличии плана мероприятий по охране окружающей среды или программы повышения экологической эффективности...которые устанавливаются на период выполнения плана мероприятий по охране окружающей среды или реализации программы повышения экологической эффективности в соответствии с графиком достижения установленных нормативов допустимых выбросов, нормативов допустимых сбросов, технологических нормативов...устанавливаются разрешением на временные выбросы, разрешением на временные сбросы, выдаваемыми в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, или комплексным экологическим разрешением, выдаваемым в соответствии со статьей 31.1 настоящего Федерального закона» [2].

2 Малые реки

Обычно малой рекой называют водоток с площадью водосбора менее 2000 км² и со среднемноголетним годовым расходом воды менее 5.00 м³/с. Причем основным критерием отнесения водотока к категории «малая река» следует считать площадь водосбора, которую можно рассматривать как «параметр являющийся интегральным показателем гидрометеорологических, морфометрических и гидрогеологических условий формирования стока рек»[3]. К малым относятся реки не полностью дренирующие питающие их водоносные горизонты, а глубина эрозионного вреза русла тем больше, чем значительнее уклоны, длиннее река и разветвленное речная сеть (больше густота сети). Последние два фактора напрямую связаны с площадью бассейна. Размер бассейна, до которого река считается малой, устанавливаются путем построения редуцированных кривых модулей стока (минимального тридцатисуточного, среднемноголетнего). В связи с большим разнообразием условий формирования стока, на территории Российской Федерации выделены гидрологические зоны, для каждой из которых определены свои наибольшие площади водосбора малых рек для расчетов характеристик водности за меженные периоды. Карты с данными районами можно найти в приложениях к СНиПу [4]. В равнинных районах зоны переменного и избыточного увлажнения критическая площадь бассейна от 1200 до 1500 км² в зимний и летне-осенний сезоны, а в зоне недостаточного увлажнения, где водоносные горизонты залегают на большой глубине – 2000 и 2500 км². На территориях с пересыханием и перемерзанием на длительный срок – 5000 и 10000 км².

Существующая проблема малых рек – одна из наиболее широкомасштабных гидроэкологических проблем. Малые реки, имеющие длину до 100 км, составляют около 99.9 % от общего числа водотоков

Российской Федерации, их суммарная длина 91% общей длины рек России. Малые реки формируют общие водные ресурсы, водный и гидрохимический режимы средних и крупных рек, определяя их экологическую специфику. Особенностью малых рек является их тесная связь с бассейном и, следовательно, они очень чувствительны к хозяйственной деятельности на водосборе. Также малые реки уязвимы, с экологической точки зрения, из-за ограниченной их способности к самоочищению. По этим же причинам малые реки, протекающие по урбанизированным территориям, обычно либо теряют способность к самоочищению, либо находятся на грани ее потери. Как основные источники негативного влияния на малые реки можно выделить: изъятие стока для различных нужд, его перераспределение, сброс сточных и возвратных вод, распашка водосбора, вырубка леса и различные агротехнические и лесомелиоративные мероприятия в бассейне реки.

3 Методические основы нормирования качества воды малых

Основанная на региональном принципе методика нормирования качества воды малых водотоков разработана СФ ВНИИприроды [5].

Региональный принцип нормирования качества воды предполагает разделение территории Российской Федерации на регионы, обладающие квазиоднородными условиями формирования водности малых рек и примерно одинаковыми антропогенными нагрузками на экологическое состояние водотоков. Природные условия региона – это геологические, гидрогеологические, гидрометеорологические, ландшафтные признаки, однородные для рек данного региона и оказывающие превалирующее влияние на процессы формирования речного стока. При наличии информации о гидрологических характеристиках рек, смежных с рекой-объектом экологического нормирования, определение границ стокооднородного региона производится путем корреляционного анализа полей жидкого, твердого стока и стока растворенных веществ. При отсутствии гидрологических наблюдений на территории, где расположен водосбор реки-объекта экологического нормирования, установление границ региона осуществляется путем анализа однородности факторов, определяющих процессы формирования речного стока.

Однородность условий формирования жидкого стока оценивается в отношении следующих характеристик водности:

- среднегодовое годовое расхождение воды реки;
- среднегодовые расходы воды за летне-осеннюю и зимнюю межени (лимитирующие сезоны).

Оценку однородности стокообразования следует проводить по данным о естественной водности. Сравнению подлежит водность рек, площадь бассейна которых не отличается от площади исследуемой реки более чем в 10

раз. Проверку на однородность рекомендуется производить по выборкам модулей стока на реках рассматриваемой территории при помощи непараметрического критерия Вилкоксона при уровне значимости $\alpha = 5\%$. В случае недостаточности наблюдений на реке-объекте экологического нормирования ряд удлиняют методом аналогии. Если же наблюдения совсем отсутствуют, то, по всей видимости, следует ограничиться констатацией аналогичности характеристик водосбора с ближайшей рекой-аналогом, модулями стока которой и оперировать при определении границ стокооднородного региона.

При выделении в пределах стокооднородного района территории с одинаковым уровнем антропогенного воздействия предлагается использовать коэффициент «антропогенного давления»— K , представляющий собой отношение энергопотребления к площади рассматриваемого региона. Коэффициент «антропогенного давления» достаточно тесно связан с плотностью населения— $ПН$ (человек на километр квадратный):

$$\lg(K) = -0.97 + 0.90\lg(ПН), \quad (3.1)$$

где K — коэффициент «антропогенного давления», кВт·ч/км²;

$ПН$ — плотность населения, чел./км².

Желаемым и теоретически достижимым качеством воды рек региона принимаются гидрохимические характеристики наиболее «чистой» реки — регионального эталона качества воды. Прежде всего, это может быть водоток, на котором действуют пункты наблюдений ОГСНК четвертой категории. В качестве «образцово чистых» водотоков региона, в частности, могут быть использованы реки, берущие начало на территориях заповедников, заказников и других особо охраняемых территорий. При значительном распространении на водосборе реки-объекта экологического нормирования болот, луговых, лесных массивов и других природных комплексов следует произвести

раздельно оценку квазиестественного загрязнения воды болотных, луговых, лесных и т.д. рек.

При определении фоновых показателей загрязненности воды следует выделить составляющую диффузного (рассеянного) загрязнения водотоков – эталонов качества воды, с тем, чтобы выявить «природную» составляющую воздействия на качество воды.

Ограниченные по величине показатели морфометрических характеристик малых рек: ширина, глубина, площадь водного сечения и других, – позволяют при оценке предельно допустимых нагрузок на качество воды таких водотоков допускать полное перемешивание загрязняющих веществ в контрольных створах.

Выбор периода и сезона, лимитирующих качество воды, зависит от гидрологического режима реки – объекта экологического нормирования. В случае незначительной вариации жидкого стока в течение гидрологического года и при отсутствии заморных и иных кризисных явлений, существенно воздействующих на водную среду, по-видимому, вполне информативной оценкой водности при экологическом нормировании является среднемноголетний годовой расход реки. Такой подход к оценке заданной водности приемлем, прежде всего, в регионах с избыточным увлажнением, например на Северо-Западе Российской Федерации.

На реках, где вклад автохтонных процессов загрязнения воды и донных отложений значим и сопоставим с аллохтонным загрязнением водотока, более приемлемой является оценка водности лимитирующего сезона средним многолетним расходом воды за летне-осеннюю межень. Отметим, что в теплый период года автохтонные процессы загрязнения обычно усиливаются.

В ряде случаев низкая водность, повторяемость которой очень мала (предположим, 1 раз в 20 лет), способна привести к необратимым изменениям экосистемы – в частности, к возникновению монокультуры зообентоса (хириноmidной или олигохетной структуры). В этом случае возможно в

качестве водности лимитирующего сезона использовать средний расход обеспеченностью 95% за летне-осеннюю или зимнюю межень. Иногда, как и при расчетах допустимых сбросов (ДС), целесообразен более жесткий подход к антропогенным нагрузкам, а именно: в качестве расчетной характеристики водности принимается минимальный среднемесячный расход лимитирующего сезона за маловодный год (95% обеспеченности).

В связи с тем, что расчеты диффузного загрязнения водотоков производятся по схемам, приуроченным к теплому и холодному периодам года[7], представляется вполне допустимым при экологическом нормировании оперировать среднемноголетними расходами воды за теплый и холодный периоды года. При необходимости возможно использовать в качестве расчетных параметров расходы воды заданной обеспеченности за эти периоды.

На основании сведений о загрязненности вод в результате воздействия природных факторов, диффузного и сосредоточенного сброса поллютантов определяются их суммарные массы как в целом для всего водотока, так и на характерных его участках:

$$m_{\Sigma} = m_{\phi} + m_{\text{диф}} + m_{\text{вып}}, \quad (3.2)$$

где m_{Σ} – суммарная масса конкретного поллютанта, г;
 m_{ϕ} – масса поллютанта природного происхождения, г;
 $m_{\text{диф}}$ – масса поллютанта, поступившего в водоток с диффузным стоком, г;
 $m_{\text{вып}}$ – масса поллютанта, сброшенная через стационарные выпуски, г.

В идеале экологическому нормированию подлежат второе и третье слагаемые уравнения. Однако нормировать диффузное (рассеянное)

загрязнение, а тем более управлять такого рода загрязнением – чрезвычайно дорогостоящее и в ряде случаев практически невыполнимое мероприятие. По-видимому, в настоящее время нормирование и управление возможно лишь в отношении массы загрязняющих веществ, сбрасываемых в водоток через стационарные выпуски. Масса i -го загрязняющего вещества природного происхождения вычисляется как:

$$m_{i,ф} = C_{i,ф} \times Q_{ф,Т} \times T, \quad (3.3)$$

где $m_{i,ф}$ – масса i -го загрязняющего вещества природного происхождения, г;

$C_{i,ф}$ – фоновая для однородного региона концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л ($г/м^3$);

$Q_{ф,Т}$ – суммарный расход воды, формируемый с конкретного вида природных комплексов (болота, леса, луга) за принятый период T (месяц, сезон, год – в сек.), $м^3/с$;

T – принятый период времени (месяц, сезон, год), с.

Соответственно масса i -го поллютанта, поступающего в реку диффузным путем, равна:

$$m_{i,диф} = C_{i,диф} \times Q_{диф,Т} \times T, \quad (3.4)$$

где $m_{i,диф}$ – масса i -го поллютанта, поступающего в реку диффузным путем, г;

$C_{i,диф}$ – концентрации i -го загрязняющего вещества, поступающего с водой, стекающей с промышленно-урбанизированных территорий, с земель сельскохозяйственного пользования, с лесосек, с поливо-мочными водами, мг/л ($г/м^3$);

$Q_{\text{диф, T}}$ – суммарный расход поливо-мочных вод, а также стоков с промышленно-урбанизированных территорий, с земель сельскохозяйственного пользования, с лесосек за принятый период T (месяц, сезон, год – в сек.), $\text{м}^3/\text{с}$;

По данным о массах $m_{i,\text{диф}}$ и $m_{i,\text{ф}}$ и о принятом в расчет расходе воды $Q_{0,T}$ реки – объекта экологического нормирования определяются концентрации загрязняющих веществ природного и диффузного происхождения:

$$C_{i,\text{ф+диф}} = (m_{i,\text{ф}} + m_{i,\text{диф}}) / (Q_{0,T} \times T), \quad (3.5)$$

где $C_{i,\text{ф+диф}}$ – концентрации загрязняющих веществ природного и диффузного происхождения, мг/л (г/м^3);

$Q_{0,T}$ – расход воды реки – объекта экологического нормирования, $\text{м}^3/\text{с}$.

Далее рассчитывается значение ИЗВ без учета поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски:

$$\text{ИЗВ}_{\text{ф+диф}} = \left(\frac{\text{БПК}_{\text{ф+диф}}}{N_{\text{БПК}}} + \frac{N_{\text{O}_2}}{\text{O}_2} + \sum \left(\frac{C_{i,\text{ф+диф}}}{\text{ПДК}_i} \right) \right) / 6, \quad (3.6)$$

где $\text{ИЗВ}_{\text{ф+диф}}$ – значение ИЗВ без учета поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски;

$\text{БПК}_{\text{ф+диф}}$ – значение БПК без учета поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски;

$N_{\text{БПК}}$ – установленная величина БПК норматива для соответствующего типа водного объекта, $\text{мгO}_2/\text{л}$;

- N_{O_2} – установленная величина концентрации растворенного кислорода норматива для соответствующего типа водного объекта, $мгО^2/л$;
- O_2 – значение концентрации растворенного кислорода, $мгО^2/л$;
- $C_{i,ф+диф}$ – концентраций i -ых показателей, имеющих наибольшие значения приведенных концентраций, $мг/л$;
- $ПДК_i$ – ПДК i -ых показателей, имеющих наибольшие значения приведенных концентраций, $мг/л$;

при этом четыре принятых в формуле поллютанта те же самые, которые имеют наибольшие приведенные концентрации $C_{i,вып}/ПДК_i$:

$$C_{i,вып,Т} = \frac{m_{i,вып,Т}}{(Q_{0,Т} \times T)}, \quad (3.7)$$

где $C_{i,вып,Т}$ – приведенные концентрации i -го элемента за период T , $мг/л$;
 суммарная масса i -го поллютанта, сброшенная за принятый период T через стационарные выпуски, $г$.

Очевидно, что суммарная концентрация i -го поллютанта $\left(C_{i,\Sigma} = \frac{m_{i,\Sigma}}{(Q_{0,Т} \times T)} \right)$, больше или равна $C_{i,ф+диф}$, а суммарный показатель $ИЗВ_{\Sigma} > ИЗВ_{ф+диф}$.

Сопоставление значений $ИЗВ_{\Sigma}$ и $ИЗВ_{ф+диф}$ за различные периоды T позволяют установить, возможно ли сколько-нибудь значительно улучшить качество воды в реке, нормируя (в сторону уменьшения) сбросы поллютантов через стационарные выпуски.

Процедура нормирования может быть выполнена в рамках двух вариантов. При очень большом разбросе значений относительных концентраций $C_{i,вып}/ПДК_i$, превышающих единицу (первый вариант), для них

определяется суммой $=\Sigma(C_{i,вып,Т}/ПДК_i)$. Допустимая концентрация этих веществ определяется по схеме:

$$C_{i,вып,Т}^* = \begin{cases} C_{i,вып,Т} \times \frac{n}{k} > ПДК_i, \\ ПДК_i \text{ при } C_{i,вып,Т} \times \frac{n}{k} \leq ПДК_i, \end{cases} \quad (3.8)$$

где n – число загрязняющих веществ с концентрациями выше ПДК, концентрации остальных поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски, сохраняются прежними.

* – индекс принадлежности показателей к группе с относительной концентрацией >1 .

Допустимые массы значимых поллютантов определяются по формуле:

$$m_{i,вып,Т}^* = C_{i,вып,Т}^* \times Q_{0,Т} \times T \quad (3.9)$$

При сравнительно близких по величине относительных концентрациях превышающих 1,0 (второй вариант), допустимые концентрации наиболее значимых поллютантов определяются по схеме:

$$C_{i,вып,Т}^* = \begin{cases} ПДК_i \text{ при } C_{i,вып,Т} \geq ПДК_i, \\ C_{i,вып,Т} \text{ при } C_{i,вып,Т} < ПДК_i. \end{cases} \quad (3.10)$$

Выбор схем первого или второго варианта определяется следующим образом:

- составляется выборка объемом n значений относительных концентраций превышающих единицу;
- вычисляется среднее значение z ;
- определяется разность максимальной и минимальной относительной

концентраций Δz ;

–при выполнении условия $\Delta z/z \geq 1.0$ нормирование осуществляется по схеме первого варианта; при $\Delta z/z < 1.0$ – по схеме второго варианта.

Полученные значения допустимых масс позволяют определить ИЗВ при нормировании сбросов через стационарные выпуски. Требуемый результат нормирования – $ИЗВ^*_{\Sigma} < ИЗВ_{\Sigma}$.

4Применение методики нормирования качества воды малых водотоков, для водотоков имеющих один или более значительных выпусков

При наличии на водотоке двух или более значительных выпусков, резко меняющих концентрации загрязняющих веществ ниже них, водоток-приемник сточных вод разделяется на участки, границы которых совпадают с этими выпусками.

Экологическое нормирование качества воды для каждого из участков производится для своего контрольного створа, расположенного на нижней границе участка. Нормирование выполняется по методике СФ ВНИИприроды [5], однако, при этом массы загрязняющих веществ, поступающие из выпусков сточных вод находящихся на расположенных выше участках, принимаются равными установленным для этих участков предельно допустимым массам сбросов:

$$m_{i, \text{вып}} = m_{i, \text{вып, нижн}} + \sum m_{i, \text{вып, верхн}}^* \quad (4.1)$$

где $m_{i, \text{вып}}$ – массы загрязняющих веществ, поступающие из выпусков сточных вод находящихся на расположенных выше участках, г;

$m_{i, \text{вып, нижн}}$ – суммарная масса i -го поллютанта, сброшенная за принятый в расчет период T через стационарные выпуски на нижнем участке, г;

$m_{i, \text{вып, верхн}}^*$ – допустимая масс i -го поллютанта, рассчитанная для какого-то из верхних участков, г.

Соответственно затем, чтобы получить массы допустимых сбросов на расчетном участке, нужно из масс допустимых сбросов, рассчитанных по

методике СФ ВНИИприроды для контрольного створа на нижней границе участка, вычесть массы допустимых сбросов, установленные для расположенных выше по течению участков:

$$m_{i \text{ вып,нижн}}^* = m_{i \text{ вып}}^* - \sum m_{i,\text{вып,верхн}}^* \quad (4.2)$$

где $m_{i \text{ вып,нижн}}^*$ – допустимая масса i -го поллютанта, рассчитанная для нижнего участка, кг;

$m_{i \text{ вып}}^*$ – допустимая масса i -го поллютанта, рассчитанная по методике СФ ВНИИприроды, кг.

Расчет ПДС для каждого участка, позволяет распространять послабления по массам выпуска загрязняющих веществ только на те участки водотока, которые реально имеют сильное загрязнение, а не на те (находящиеся выше), которые подобного загрязнения не имеют.

5 Река оккервиль как объект экологического нормирования

5.1 Физико-географические особенности водосбора

5.1.1 Рельеф

Северо-западная часть территории Северо-Запада расположена в основном в пределах Прибалтийской низменности. Прибалтийская низменность довольно однообразная слабоволнистая равнина, на которой отчетливо выделяется ряд возвышенностей и понижений. Абсолютные отметки поверхности в среднем составляют от 50 до 100 м, однако наиболее значительные возвышенности достигают от 200 до 300 м. К ним относятся и Силурийское плато в центральной части Ленинградской области и возвышенность в центральной части Карельского перешейка. Центральная Карельская возвышенность является возвышенной моренной равниной, сильно расчлененной речной сетью. По южной окраине располагаются камовые холмы (Лемболовские высоты и др.). Силурийское (Ордовикское) плато расположившееся от р. Нарва на западе до р. Сясь на востоке представляет собой плоскую возвышенную равнину. Западная часть его наиболее обширная и приподнятая, носит название Ижорского плато. Здесь в известняках и доломитах ордовика широко развит карст. Вдоль северного края Силурийского плато прослеживается крутой уступ (глинт), отделяющий его от Предглинтовой низменности. В западной части уступ обрывистый, высотой от 30 до 50 м и более, в восточной части он выволаживается и не превышает 15 м. Понижения рельефа имеются в виде обширных низменностей с абсолютными отметками от 0 до 50 м. Это Вуоксинская низина в северной части Карельского перешейка и Предглинтовая низменность, включающая впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер (по местным названиям Лужско-Нарвская, Приморская,

Приневская и Приладожская). Прибалтийская низменность пересечена густой сетью рек, расходящихся в различных направлениях. Долины рек, как правило, врезаются неглубоко и лишь при пересечении склонов водораздельных возвышенностей они врезаются на глубину от 20 до 40 м и иногда до 50 м. Характерно развитие болот в низинах и на плоских междуречных пространствах.

5.1.2 Геологическое строение

Территория Северо-Запада расположена почти целиком в пределах Русской платформы и сложена комплексом осадочных дочетвертичных отложений, залегающих под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Лишь север Карельского перешейка относится к южной оконечности Балтийского щита и сложен древнейшими кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса представленного различного рода гнейсами и сланцами. Осадочные коренные образования области представлены преимущественно отложениями палеозоя: толщами нижнего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика, среднего и верхнего девона, нижнего и среднего карбона. Древние стратиграфические горизонты палеозойской группы осадков полого под углом от 10 до 15°С погружаются под более молодые в направлении с северо-запада на юго-восток. На крайнем северо-западе области, на склоне Балтийского щита, под четвертичными отложениями залегают рыхлые песчано-глинистые породы нижнего кембрия общей мощностью от 200 до 500 м. К югу располагается развитая почти в широтном направлении полоса ордовикских отложений, образующая Ордовикское (Силурийское) плато, крупным уступом (Балтийско-Ладожский глинт) обрывающееся в сторону Предглинтовой низменности. Ордовикские отложения представлены песчаниками, известняками и доломитами общей мощностью от 100 до 150 м. Характерна трещиноватость пород, типичен карст. В основании глинта

Силурийского плато и по долинам прорезающих его рек прослеживаются выходы кембрийских песчаников и синих глин. Палеозойские осадочные породы повсеместно перекрыты толщей четвертичных отложений мощность которых варьирует в больших пределах (от 0.5 до 200 м). Эти отложения представлены комплексом ледниковых и послеледниковых образований. Самыми древними из них являются московская морена и сопровождающие ее водно-ледниковые осадки. Выше залегает комплекс позднеледниковых песчаных флювногляциальных и озерно-ледниковых песчано-глинистых отложений. Заканчивается разрез четвертичной толщи послеледниковыми и современными отложениями. Это обычно покровные образования: озерные, морские, песчано-глинистые отложения, аллювиальные наносы, торфяники, эоловые (дюнные) пески. Минимальная мощность четвертичных отложений от 0.5 до 5 м наблюдается на участках Силурийского плато и от 10 до 20 м в Предглинговой низменности. Наибольшая их мощность достигает от 100 до 180 м в пределах Центральной Карельской возвышенности.

В границах описываемой территории карстовыми процессами затронуты растворимые отложения от нижнего ордовика до среднего карбона на Силурийском (Ордовикском) плато. Наиболее сильно современный карст развит на Ижорском плато, которое покрыто маломощным пластом морены (от 1 до 2 м). Плато характеризуется почти полным отсутствием современной гидрографической сети, так как разнообразные карстовые воронки, слепые долины и суходолы (с поторами в русле) сразу же поглощают дождевые и талые воды, переводя поверхностный сток в подземный. Растекание подземного стока происходит центробежно – во все стороны. Размеры карстовых воронок в поперечнике от 0.5 до 40 м, глубина их от 0.5 до 8 м, иногда до 15 м, средняя плотность от 2 до 3 на 1 км². Подземные формы карста представлены системой хорошо разработанных трещин, всякого рода пустотами и полостями. Наибольшие из них, так же как поверхностные формы приурочены к тектоническим трещинам. На других участках

Силурийского плато с увеличением мощности четвертичных отложений от 6 до 8 м (морена, ленточные глины) поверхностные формы карста практически не развиваются.

5.1.3 Почвенный покров

Основными процессами почвообразования являются подзолообразование и заболачивание, что обусловлено положением территории в зоне с холодным влажным климатом, а также преобладанием лесной, преимущественно хвойной растительности. По механическому составу здесь различают почвы глинистые, тяжелосуглинистые, среднесуглинистые и легкосуглинистые, супесчаные и песчаные. В Приладожье встречаются разновидности почв – подзолисто-глеевые и торфяно-глеевые, на Карельском перешейке распространены слабоподзолистые и среднеподзолистые почвы, суглинистые на валунных суглинках и супесчаные. В районе р. Нева преобладают глинистые и тяжелосуглинистые почвы, а на территории Карельского перешейка имеются как песчаные и супесчаные, так и среднесуглинистые и легкосуглинистые почвы.

Рассматриваемая территория расположена в зоне достаточного и избыточного увлажнения. Однако влагозапасы в почвогрунтах также находятся в прямой зависимости от механического состава и глубины залегания грунтовых вод. Влагонасыщенность почв за теплый период сначала уменьшается и в июле–августе (реже в июле) падает до минимума. Затем начинается повышение влажности почвы вследствие увеличения количества осадков и одновременно уменьшение потерь влаги на испарение и транспирацию. Влагозапасы в почве в зимнее время зависят от промерзания почвы. Влагонасыщенность почвы резко увеличивается за счет капиллярного подсосывания при ледообразовании, а также за счет парообразной воды, поднимающихся из теплых нижних слоев почвы к верхним холодным, где

она конденсируется и замерзает.

Промерзание почвы на открытых (полевых) участках в среднем начинается в октябре-ноябре и, постепенно нарастая, достигает максимума в марте. Средняя глубина промерзания колеблется в пределах от 30 до 60 см. В отдельные годы под мощным снежным покровом почва всю зиму может оставаться слабопромерзшей, иногда даже талой. Полное оттаивание почвы обычно наблюдается в конце апреля.

5.1.4 Растительность

Рассматриваемая территория расположена в южной подзоне тайги. Наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса. Широко распространены заболоченные еловые леса (сфагновые ельники). Состав лиственных лесов представлен главным образом мелколиственными породами (березой, осиной, ольхой). Всего под лесом находится половина Северо-Запада. Болота и заболоченные земли занимают около 30% территории. Много болот в долине р. Нева и у Ладожского озера. Растительный покров области подвергся длительному воздействию человека. Большое количество земель распахано или превращено в различные с/х угодья.

5.1.5 Климат

Значение годового радиационного баланса для территории изменяется в пределах от 32 до 35 ккал/см². Период с положительным радиационным балансом длится от третьей декады марта до начала ноября.

Средняя годовая температура воздуха в районе Санкт-Петербурга составляет 4,3°C. На островах Финского залива –превышает 5°C. Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль. Средняя месячная температура января около –7 °С. Температура февраля на южном побережье Финского залива и Карельском перешейке менее чем на один градус ниже. Самым теплым месяцем на всей рассматриваемой территории является июль

со средней температурой воздуха около 17 °С. В Ленинградской области весна начинается в конце первой декады апреля. Между датами перехода температуры воздуха через нуль и разрушения устойчивого снежного покрова обычно проходит не более 7 или 10 дней. К концу апреля вся территория освобождается от снежного покрова. Лето (переход средней суточной температуры воздуха через 10 °С) наступает в середине мая. Осень наступает в конце первой – начале второй декад сентября и только на островах Финского залива начало ее задерживается до середины третьей декады сентября. Продолжительность осени около двух месяцев. В восточной части Ленинградской области зима начинается в конце октября, а в западной – во второй декаде ноября. Первая половина зимы, или так называемое предзимье, характеризуется преобладанием ненастной погоды с выпадением дождя и мокрого снега. В связи с большой изменчивостью циркуляционных процессов погодные условия отдельных лет в значительной степени отличаются от общих условий.

Территория Северо-Запада относится к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все сезоны года. Годовое количество осадков возрастает на территории Северо-Запада с юго-запада на северо-восток. На рассматриваемой территории максимальное количество годовых осадков наблюдается на наветренных склонах центральной Карельской возвышенности (>800 мм), а минимальное (~700 мм) на побережье Финского залива и Ладожского озера. За теплый период года в среднем выпадает 450 мм осадков, причем понижение осадков наблюдается на низменностях, прилегающих к Финскому заливу и Ладожскому озеру. Исключением является северное побережье восточной части Финского залива, где имеется «пятно» повышенных осадков, расположенное перед центральной Карельской возвышенностью. Осадки холодного периода (ноябрь– март) составляют примерно от 150 до 200 мм.

На побережье Ладожского озера и юго-западной части Северо-Запада появление снежного покрова происходит в начале ноября, а устойчивый снежный покров устанавливается в конце ноября - начале декабря. Высота снежного покрова наибольшей мощности достигает в третьей декаде февраля - второй декаде марта и составляет от 35 до 50 см. Снежный покров на территории Северо-Запада держится от 100 до 110 дней в юго-западной части от 130 до 150 дней в юго-восточной части. На Северо-Западе средняя плотность снега при наибольшей декадной высоте меняется от 0.19 до 0.27 г/см³.

5.1.6 Гидрографическая сеть

Характерным для гидрографической сети Северо-Запада является большое количество мелких рек. Число рек и ручьев с длиной менее 10 км составляет 97 % общего их числа, а длина 70 % общей длины. Густота речной сети Балтийского моря составляет 0.56 км/км². Большая часть рек Северо-Запада берет начало на главном водоразделе между Балтийским и Каспийским морями, который проходит по Валдайской возвышенности. Почти все реки по своему типу относятся к равнинным. Однако близость основного водораздела к главному базису эрозии рек – Балтийскому морю и к отдельным базисам эрозии, которыми для многих рек являются озера, придала рекам довольно значительные падения. Главной водной артерией района является р. Нева площадью водосбора 281000 км². Собственный бассейн реки Нева 5000 км², что составляет 1.8 % общей площади водосбора. Густота речной сети ее притоков колеблется от 0.70 (р. Мга) до 1.29 км/км² (р. Охта). Река Нева имеет обширную долину, которую называют Приневской впадиной или Приневской низменностью. Ширина ее достигает от 35 до 50 км. Пойма отсутствует. Берега реки довольно высокие, постепенно снижаются от истока к устью. Русло сложено песчаными грунтами, только в районе Ивановских порогов река прорезает известняковый кряж. Средняя ширина реки от 400 до

600 м, преобладающая глубина от 8 до 11 м, средняя скорость течения от 0.9 до 1.2 м/с. Многие притоки р. Нева берут начало из озер и болот. Почти все они имеют пологие берега, широкие заливные поймы и отличаются небольшим падением. Основными крупными реками в бассейне р. Нева являются реки Свирь и Волхов. Как и река Нева они представляют собой реки-протоки, соединяющие крупные водоемы, образовавшиеся путем размыва перемычек, отделяющих их ранее друг от друга. В центральной части Силурийского плато, называемого Ижорским плато, гидрографическая сеть почти отсутствует. Густота речной сети здесь не превышает 0.07 км/км². Атмосферные осадки через карстовые воронки и трещины свободно проникают в толщу карстующихся известняков. На периферии плато повсеместно встречаются многочисленные и обильные родники, дающие начало рекам Систа, Воронка, Ижора, Оредеж, Вруда, Хревица и др. Реки северной окраины плато, прорезая глинт, текут в глубоко врезаемых долинах и имеют полуплоский характер, а проходя по низменности между глинтом и заливом, обычно сильно извилисты и заболочены. Характерной особенностью рек Северо-Запада является слабая естественная зарегулированность их озерами, кроме рек Нева, Свирь и Волхов. Наибольшее количество озер на Северо-Западе находится на территории Карельского перешейка.

5.2 Картографический анализ

Картографический анализ водосбора реки Оккервиль производился по картам масштаба 1:200000 и нестандартных масштабов – 1:78000 и 1:78400. Была оконтурена и определена площадь водосбора реки, составившая 97.1 км². Из них 10.3 км² – площадь городской территории, с которой сток осуществляется через канализационную сеть. Таким образом, площадь территории, с которой осуществляется естественный сток в реку, не перехватываемый канализационной сетью и потому не учитываемый в

данных статистической отчетности (2ТП-водхоз), равна 86.8 км². Водораздел р. Оккервиль с р.Нева проходит по границе золоотвала,расположенного со стороны р. Нева. Помимо городской территории Санкт-Петербурга на водосборе р. Оккервиль расположены следующие поселки сельского типа с населением более 1000 человек: Старая, Разметелево, частично Янино 1-е. Площадь пахотных земель равна 39.4 км². Водосбор лежит в интервале высот от <10 до 78.3 м БС. Озерность составляет <1%; заболоченность равна 5%, а лесистость 29%. За наиболее удаленную точку речной системы принят исток канавы в 3.1 км на юго-запад от д.Мяглово. Длина реки составляет 20.0 км. Река имеет притоки на следующем расстоянии от истока: правые притоки – 2810 м, 7250 м, 8190 м, 9120 м, 10890 м, 12400 м, 14320 м (руч.Нарвин), и левый приток – 14500 м. В районе городской застройки притоков нет. Ручей Нарвин, который раньше (до активной застройки) впадал непосредственно в р. Охта выше устья р. Оккервиль, сейчас перенаправлен каналом в р. Оккервиль, а старое его русло засыпано.

5.3 Результаты рекогносцировочного обследования (от д. Кудрово до устья)

Проведенное 25.10 и 10.11.2012 рекогносцировочное обследование р. Оккервиль имело целью установление на местности деформаций русла, загрязненность вод и донных отложений, определение ГВВ. Расход воды, измеренный на гидростворе, разбитом в 300 м ниже пересечения рекой ул. Дыбенко, был равен 2.38 м³/с. Средняя скорость течения воды составила 0.41 м/с. По данным проведенных промеров средняя глубина на гидростворе была 0.50 м при ширине реки 11.5 м, а в районе впадения р. Оккервиль в р. Охта (Уткинский мост) –0.68 м при ширине 12.0 м. В июле 2012 года меженный уровень воды на гидростворе был от 15 до 20 см ниже (по данным практики) и колебался с суточной амплитудой около 10 см. Около Ледового

дворца на новой гранитной набережной четко отпечатались несколько уровней воды. Наивысшая отметка на 54 см выше поверхности воды при обследовании, то есть приблизительно от 70 до 75 см выше уровня летней межени.

В 60 м выше ж/д моста в районе д. Кудрово очень крупный выпуск, представляющий собой бетонный лоток на правом берегу шириной 3.5 м, в который выведена труба диаметром 2.0 м. Расход сброса сравним с расходом реки ниже по течению. Выше сброса через 5 м появляются забереги, а через 25 м – сплошной ледостав. Попытки установить хоть какое-то течение воды выше сброса результатов не принесли. Мощный поток сточных вод, врываясь в реку под прямым углом, приводит к интенсивному размыву противоположного (левого) берега, а дальше, отражаясь к размыву правого берега в 30 м ниже сброса. В 20 м выше ж/д моста с правого берега в реку впадает прямоугольный облицованный гранитом канал шириной 2.0 м (руч. Нарвин). Расход в канале в сравнении с рекой невелик. В месте впадения в реку канал не замерзает, так как имеет ощутимые скорости. Ледостав наблюдался только на 150 м выше впадения в Оккервиль. В этом месте вода из канала протекает под дорогой через трубу, которая забилась, образовался подпор. Ширина реки перед ж/д мостом – 6.5 м. Из-за уменьшения площади живого сечения ж/д мостом (с пропуском воды шириной 5 м) скорости очень значительно возрастают, и по причине отсутствия ниже моста гранитной облицовки берегов здесь идет размыв их потоком. Размыв происходит на участке длиной 15 м и ширина реки на нем доходит до 8.5 м. Ниже р. Оккервиль имеет ширину 6 м и сильно меандрирует. В 100 м от ул. Дыбенко вверх по течению у р. Оккервиль имеется левый приток. Расход притока небольшой и намного меньше расхода в р. Оккервиль. Приток подходит к реке под тупым углом, из-за чего вода из реки заходит в приток и, сталкиваясь с водой самого притока, образует водоворотное течение, что приводит к небольшому размыву берега. Ниже впадения притока ширина

реки 8 м. На большей части участка реки от ул.Дыбенко до устья ширина русла составляет от 10 до 12 м. В районе пересечения рекой ул. Дыбенко ширина реки 11.0 м, пойма отсутствует, так как имеется гранитная облицовка. На изгибах ниже по течению ширина реки доходит до 9 м. При изгибах гранитными плитами выложена обычно вторая половина (или весь) вогнутого берега. То на правом, то на левом берегу появляется пойма до 2 м шириной. Ниже гидроствора (~600 м) часть русла завалена лесом, шинами, пенопластом. К ул.Подвойского пойма на левом берегу до 7 м, при ширине реки от 10 до 12 м. У Ледового дворца ширина реки 11.7 м, с обеих сторон река скована набережной. Ниже по течению, перед началом промзоны, происходит резкое сужение русла мостом до 6.1 м, при ширине реки 11 м выше и ниже моста. На участке моста в связи с резким сужением русла образуется подпор, растут скорости: наблюдается участок с очень необычным для р. Оккервиль скоростным режимом. Несколько сотен метров ниже в промзоне наблюдается естественное уменьшение ширины реки от 7 до 8 м, однако здесь изменения скоростного режима потока не наблюдается. На участке (до и после) Заневского пр. левобережная пойма до 10 м. В районе впадения р. Оккервиль в р. Охта ширина реки 12 м, а ширина поймы на правом берегу 4 м.

Крупный сброс у д. Кудрово имеет тот коричневый цвет, который отмечался вплоть до устья реки. Вода в р. Оккервиль выше сброса значительно более прозрачная, что приводит к резкому контрасту с ней сборской воды. Также значительно более прозрачны воды притоков. В районе гидроствора грунты, слагающие дно реки, представлены мелкозернистыми песками, илами (мощностью ~10см). Дно покрыто большим количеством перегнивающей наземной растительности (опавшие листья и трава, попавшие в водоток), различными предметами деятельности человека, тряпками и т.д. Вода коричневого цвета, прозрачность от 10 до 15 см. Ниже Заневского пр. донные отложения - мелкозернистые пески мощностью от 5 до 7 мм.

Прозрачность уже 20 см (видимо, вследствие процессов осаждения содержащихся в воде частиц диаметром до 1 мм, придающих воде коричневый цвет, а также разбавления).

Заращение реки ниже сброса у д. Кудрово отсутствует полностью. Водная растительность наблюдалась только в притоках. Наблюдалось большое количество уток (особенно возле сбросов). На застроенной территории на склонах коренного берега встречались крысы.

Несомненно, самый крупным сброс в реку осуществляется через выпуск у д. Кудрово. Здесь осуществляется сброс промывных вод Северной водопроводной станции. Выпуск построен в 1970 году, а в 1998 году подвергся капитальному ремонту. Оголовок выпуска имеет диаметр 1500 мм и рассчитан на сброс 10000 м³/ч. Помимо характерного цвета сброс имеет также резкий запах. От ул. Дыбенко до гидроствора большое количество стоков, сбрасывающих в реку сравнительно чистые дождевые и талые воды. Эти сбросы имеют вид, как непосредственно труб-стоков с проезжей части, так и стоков из подземных канализационно-дренажных систем. Это трубы как пластмассовые, так и бетонные диаметром от 20 до 30 см с небольшим дебитом (л/с) прозрачных вод. Ливневые стоки выведены на высоте до 1 м над уровнем воды. На участке между ул.Подвойского и ул.Колонтай в районе тесной застройки, а также промзоне между Ледовым дворцом и ж/д мостом большое количество сбросов фекальных вод с ощутимым запахом. В районе сбросов черные донные отложения, похожие на перегнивающую растительность. Сброс с заводской территории за мостом (сужающих русло) имеет явно выраженный черный шлейф, по которому видно, как основной поток отжимает сбросную воду к берегу и слабо с ней перемешивается (шлейф пропадает только через ~70 м). В некоторых местах температура сбросов такова, что при температуре воздуха + 2°C, идет пар. Ниже ж/д моста сброс термических вод с температурой от 40 до 50°C(возможно выше). В районе Заневского пр. на правом берегу десятиметровый водопад (сброс

выведен на корневом склоне на высоте 10 м над уровнем воды).

На территории русла, поймы, склонов коренных берегов и прилегающих к ним участков находится огромное количество мусора. Река уносит не все, а то, что уносит местами, переоткладывается ниже по течению, оседает на дно, создает мусорные плотины и завалы в русле.

В соответствии с Постановлением губернатора Санкт-Петербурга для р. Оккервиль была установлена ширина водоохранной зоны (ВЗ) 20 м и прибрежной защитной полосы (ПЗП) 15 м. Определенные Постановлением Правительства РФ ограничения на ведение хозяйственной или иной деятельности в пределах ВЗ и ПЗП почти нигде вдоль реки не соблюдаются. Местами дорогу сделали так близко к реке, что склон досыпают. Так выше ул. Колонтай склон с уклоном от 2000 до 3000 % стал разрушаться и размываться. Укреплять склон пришлось с помощью ярусной деревянной конструкции, так как прямо по краю склона проходит проезжая часть. Немного лучше ситуация с соблюдением ограничений на ведение хозяйственной деятельности на землях водного фонда обстоит в верховьях р. Оккервиль, на территории Ленинградской области. «Самозахватное садоводство и огородничество» приближается на многих участках настолько близко к реке, что не соблюдается даже, прописанный в Водном кодексе, бечевник: колючая проволока, ограждающая земельные участки, проходит непосредственно по урезу воды, преграждая свободный проход вдоль воды.

Никаких водозаборов на участке р. Оккервиль от д. Кудрово до устья не обнаружено. Можно сделать вывод, что основное использование р. Оккервиль на участке от д. Кудрово до устья - вынос дождевых, талых, сточных вод, а также и мусора с территории, по которой она протекает.

6 ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОГО СТОКА Р. ОККЕРВИЛЬ

6.1 Годовой сток воды

Гидрологические наблюдения на р. Оккервиль проводились лишь в течение трех лет: в 1975 г на посту г. Ленинград (Веселый поселок), в 1976 и 1977 годах на посту у д. Кудрово (таблицы А.1, А.2 и А.3). Относительная величина площадей водосборов постов от общей площади, с которой осуществляется естественный (не через канализационную сеть) сток в р. Оккервиль, составляет для г. Ленинграда (Веселый поселок) 78.1%, а для д. Кудрово – 76.6%, что иллюстрируется на карте (приложение 2). На постах делались измерения расходов, уровней воды и состояния ледового покрова. Данной информации недостаточно для расчета статистических характеристик реки, так как исходный ряд должен содержать не менее 10 лет наблюдений. В качестве аналогов (таблица А.1) для удлинения ряда можно рассмотреть реки, лежащие в одном районе с р. Оккервиль, непрерывные наблюдения на которых проводились в течение более длительного периода (приложение 1, таблица А.4).

Характеристики водосборов (см. таблицу 6.1) различаются не очень значительно для постов на реках-аналогах и р. Оккервиль. Исключение составляют залесенность, которая для водосборов всех рек-аналогов значительно больше, чем у р. Оккервиль, а также сравнительно высокая озерность рек Волчья, Безымянная и Вьюн.

Одним из способов удлинения ряда наблюдений на р. Оккервиль является использование уравнений регрессии между среднемесячными расходами (модулями стока) расчетной реки и рек-аналогов. Использование в расчетах расходов воды осредненных за более короткие интервалы времени дает значительно худшую связь, так как возрастает роль различий во времени добегания, коэффициентах стока, несинхронность процессов

стокообразования и т.д.

Таблица 6.1 – Сравнительные характеристики водосборов р. Оккервиль и рек-аналогов

Название поста	$I_{\text{ср}},$ ‰	$I_{\text{ср.взв}},$ ‰	$F,$ км ²	$H_{\text{ср.}}$ вдсб, м	$I_{\text{ср.вдсб}},$ ‰	$F_{\text{бол}},$ %	$F_{\text{оз}},$ %	$F_{\text{лес}},$ %
р. Оккервиль (Черная) - г. Ленинград (Веселый поселок) ¹	1.06	0.97	67.8	26	20.6	<1	7	28
р. Аволга - д. Матокса	2.17	2.10	89.1	75	12.4	2	2	70
р. Охта - д. Новое Девяткино	2.15	2.04	340	68	12.3	2	2	63
р. Мга - ст. Горы	0.61	0.66	709	48	7.70	<1	14	69
р. Сестра - ст. Белоостров	2.05	1.93	390	84	22.5	1	6	78
р. Волчья - д. Варшко	3.12	2.88	458	92	23.0	4	1	77
р. Безымянная - ст. Токсово	3.8	—	32.2	74	21.3	19	4	59
р. Вьюн - пос. Запорожское	1.14	—	542	75	19.2	4	5	77

Пр и м е ч а н и е – ¹Характеристики поста у д. Кудрово на р. Оккервиль, по-видимому, близки к характеристикам поста г. Ленинград (Веселый поселок), так как близки площади водосборов:
 $F_{\text{вдсб}}$ (д. Кудрово) = 66.5 км;
 $F_{\text{бол}}, F_{\text{оз}}, F_{\text{лес}}$ – относительные площади болот, озер и лесов относительно всей площади водосбора.

В 1975 году, когда наблюдения на реке Оккервиль проводились на посту г. Ленинград (Веселый поселок), выше поста производились сбросы с

Северной водопроводной станции. Эти сбросы не были исключены из ежедневных расходов воды, поэтому прежде чем составлять уравнения регрессии необходимо определить, насколько существенны были сбросы и как сильно они искажают картину естественного стока р. Оккервиль. Сопоставление двух рядов ежедневных расходов на постах у д. Кудрово и г. Ленинград (Веселый поселок) за совместный период наблюдений (31.12.1975г.) показывает слабую корреляцию между ними $r = 0.65$. Однако это декабрь месяц, когда температура сбрасываемой воды могла привести к образованию полыни ниже по течению в створе поста г. Ленинград (Веселый поселок), что, возможно, могло привести к погрешностям при восстановлении ежедневных расходов по уровням воды.

Проверка гипотезы об однородности рядов среднемесячных модулей стока полученных по измерениям на посту г. Ленинград (Веселый посёлок) в 1975 году и на посту д. Кудрово с 1976 по 1977 годам осуществлялась с использованием критериев Фишера и Стьюдента:

Рассчитанные значения статистик $F = 1.56$ и $t = 0.012$.

При общей длине рядов равной 36, коэффициенте автокорреляции 0.16 и уровне значимости 5% допустимое значение $F = 2.29$, а $t = 2.35$.

Значения критериев Фишера и Стьюдента меньше критических, что говорит об однородности наблюдений на двух постах по среднему и дисперсии и возможности использования в расчётах единого ряда, составленного из среднемесячных модулей стока за период с 1975 по 1977годы.

Основным критерием правильности выбора пунктов-аналогов является достаточно тесная связь между характеристиками стока расчетного объекта и аналогов. По среднемесячным расходам на р. Оккервиль вычисляются среднемесячные модули стока, из которых формируется общий ряд длиной 36 членов. Коэффициенты линейной парной корреляции данного ряда с рядами соответствующих по времени среднемесячных модулей стока для поста на

реках-аналогах равны:

Таблица 6.2 – Корреляция среднемесячных модулей стока рек-аналогов с р. Оккервиль

Река — пост	Коэффициент корреляции с рекой Оккервиль		Примечание
	с 1975 по 1977	с 1976 по 1977	
р. Аволга — д. Матокса	0.93	0.94	аналог № 1
р. Охта – д. Новое Девяткино	0.91	0.92	аналог №2
р. Мга — ст. Горы	0.90	0.92	аналог №3
р. Сестра — ст. Белоостров	0.78	0.78	аналог №4
р. Волчтья — д. Варшко	0.75	0.75	Имеются проточные озера, искажающие линейность связи между расходами
р. Безымянная — ст. Токсово	0.77	0.73	
р. Вьюн — пос. Запорожское	0.60	0.53	

Как видно из таблицы 6.12, линейная связь среднемесячных модулей стока нарушается при наличии больших проточных озёр и не сильно зависит от включения в расчёт 1975 года. Нелинейность связи между модулями стока для рек, имеющих проточные озера четко видна на графическом изображении этих зависимостей (приложение 1, рисунки 1-3).

Используя аппарат множественной линейной корреляции можно установить уравнения связи среднемесячных модулей стока р. Оккервиль со среднемесячными модулями стока рек аналогов. При построении уравнений регрессии использовались только реки, не имеющие проточных озера. Уравнения составлялись одновременно для двух или трех аналогов во всех

возможных сочетаниях. Критерием возможности применения уравнения регрессии для восстановления ряда среднемесячных модулей стока р. Оккервиль является следующее условие: каждый из коэффициентов регрессии должен не менее чем в 2 раза превышать свою среднеквадратическую ошибку. Полученные значения коэффициентов регрессии K_i , и отношений $K_i/CK_{O_{K_i}}$ представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Коэффициенты регрессии при одновременном использовании 2 или 3 аналогов

Пар-р	Значение параметров по рекам				Коэффициент множественной корреляции
	р. Аволга д. Матокса	р. Охта Новое Девяткино	р. Мга Горы	р. Сестра Белоостров	
K_i	0.782	0.116	0.050	—	0.931
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	1.136	0.140	0.078	—	—
K_i	0.279	-1.067	—	-0.618	0.947
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	0.332	0.775	—	0.988	—
K_i	0.704	—	-0.308	-0.31	0.940
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	1.393	—	0.448	0.768	—
K_i	—	-1.177	0.352	-0.687	0.950
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	—	1.600	0.576	1.575	—
K_i	0.799	0.086	—	—	0.931
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	1.220	0.117	—	—	—
K_i	0.716	—	-0.008	—	0.931
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	1.418	—	0.014	—	—
K_i	0.888	—	—	0.207	0.937
$K_i/CK_{O_{K_i}}$	2.998	—	—	0.624	—

K_i	—	0.467	-0.273	—	0.910
K_i/CK O_{Ki}	—	0.861	0.451	—	—
K_i	—	1.338	—	0.749	0.945
K_i/CK O_{Ki}	—	3.079	—	1.534	—
K_i	—	—	1.082	0.328	0.909
K_i/CK O_{Ki}	—	—	2.692	0.813	—

Как видно из таблицы 6.3 ни для одного из составленных уравнений не выполняется указанное выше условие. Причина этого в том, что среднемесячные модули стока рек-аналогов имеют высокую корреляцию между собой. Высокая корреляция здесь определяется во многом даже не схожестью процессов формирования стока, а, в значительной мере, синхронностью колебаний метеорологических факторов на данной территории. Одновременность начала снеготаяния или прохождения циклонов по территории района приводит к тому, что коэффициенты корреляции выше, чем для годового стока. Кроме того, уравнения строятся по трем годам одновременных наблюдений, а это значит, что получаемые связи в области больших значений модулей стока строятся по 3-6 точкам. Это приводит к некоторой произвольности возможных связей и, как следствие, кажется логичным, что использование нескольких аналогов не позволяет повышать точность расчета. В таблице А.4 приведены парные коэффициенты корреляции между участвующими в расчете реками.

Таблица 6.4 – Матрица парных коэффициентов корреляции

Пункты	р. Оккервиль д. Кудрово	р. Аволга д. Матокса	р. Охта д. Новое Девяткино	р. Мга ст. Горы	р. Сестра ст. Белоостров
р. Оккервиль д. Кудрово	1.000	0.931	0.906	0.897	0.778

р. Аволга д. Матокса	0.931	1.000	0.978	0.963	0.890
р. Охта д. Новое Девяткино	0.906	0.978	1.000	0.968	0.950
р. Мга ст. Горы	0.897	0.963	0.968	1.000	0.927
р. Сестра ст. Белоостров	0.778	0.890	0.950	0.927	1.000

Ошибка коэффициентов регрессии уменьшается с сокращением числа аналогов. В связи с этим целесообразней при расчете среднемесячных модулей стока использовать один аналог. При этом к полученным зависимостям выставляется ряд условий: значение коэффициента корреляции $r > 0.7$; отношение коэффициента корреляции к его СКО $(r/\sigma_r) > 2$ и отношение коэффициента регрессии к его СКО $(k/\sigma_k) > 2$. В таблице А.5 приведены значения параметров уравнений регрессии.

Таблица 6.5 – Параметры уравнений регрессии с использованием одного аналога

Река пост	Параметры уравнений регрессии с использованием одного аналога								Период восстановления стока
	r_i	СК O_{ri}	r_i/C KO_{ri}	K_i	СК O_{Ki}	K_i/C KO_{Ki}	b_i	СК O_{bi}	
р. Аволга д. Матокса	0.9 3	0.0 22	42. 0	0. 72	0.0 47	15.4	1.2 1	0.4 68	с 10.1954 по 1958, 1961 - 1969, 1971 - 1973, 1978 - 1980
р. Охта д. Новое Девяткино	0.9 1	0.0 30	30. 3	0. 79	0.0 61	12.9	- 0.2 4	0.5 44	1947 - 09. 1954, 1959 - 1960, 1970, 1974, 1981 - 1983

р. Мга  ст. Горы	0.9 0	0.0 33	27. 4	0. 78	0.0 64	12.2	2.2 8	0.5 69	06. 1932 - 07. 1941 - 06. 1944 - 1946
р. Сестра  ст. Белоостров	0.7 8	0.0 67	11. 7	0. 7	0.0 94	7.40	1.1 0	0.8 12	1994 - 06. 1997

Все полученные уравнения регрессии могут быть использованы для восстановления среднемесячных модулей стока р. Оккервиль. Восстановление производится в порядке уменьшения величины коэффициента корреляции.

Графическим выражением полученных зависимостей является прямая проходящая в поле точек, соответствующих среднемесячным расходам воды на постах за совместный период наблюдений (рисунки  с 5.1 по 5.4).

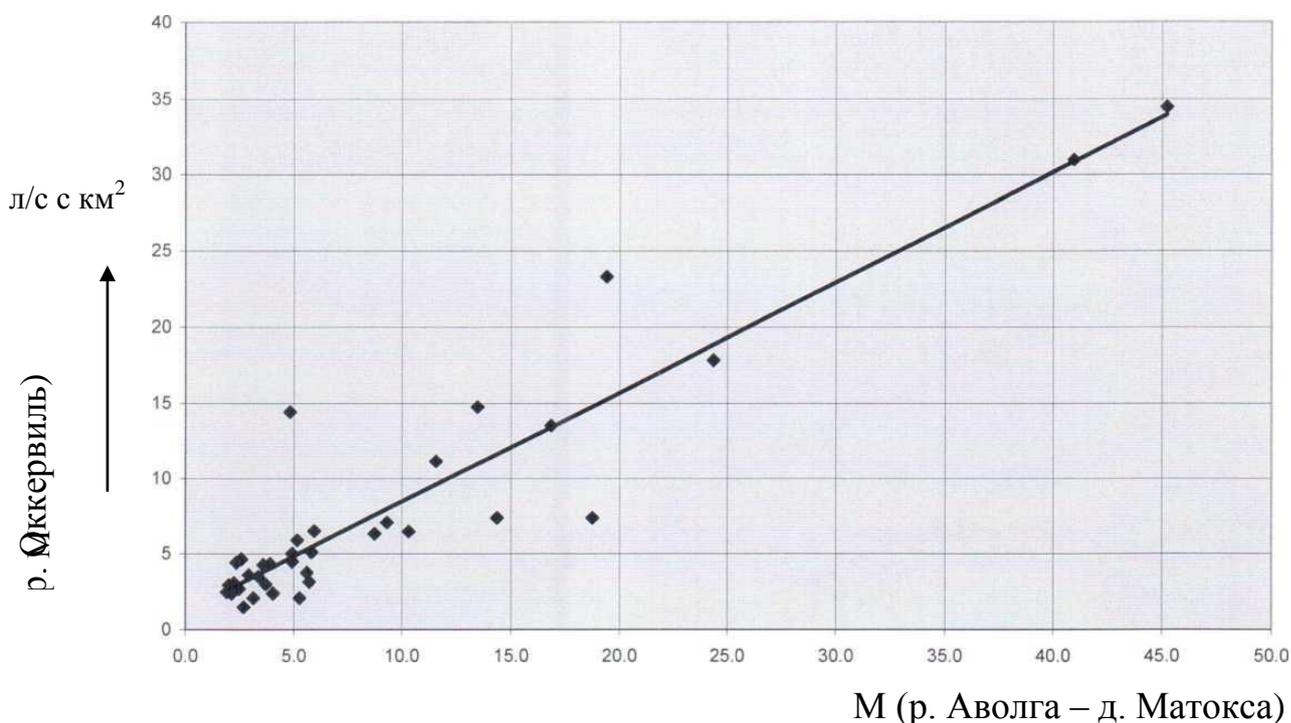
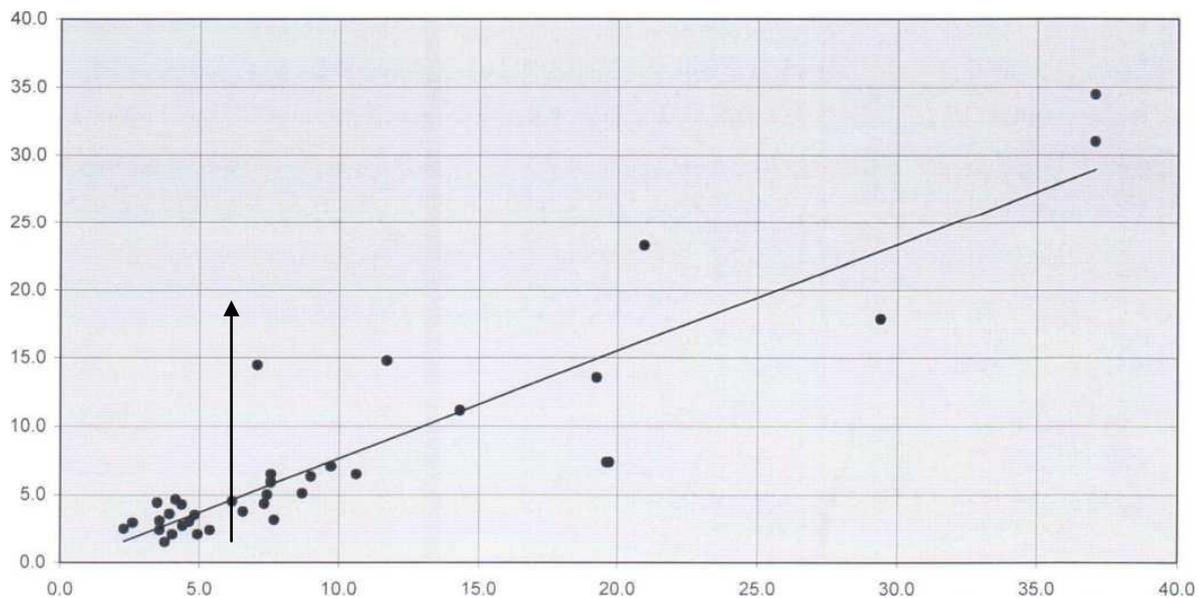


Рисунок 5.1 – График связи среднемесячных модулей стока р.

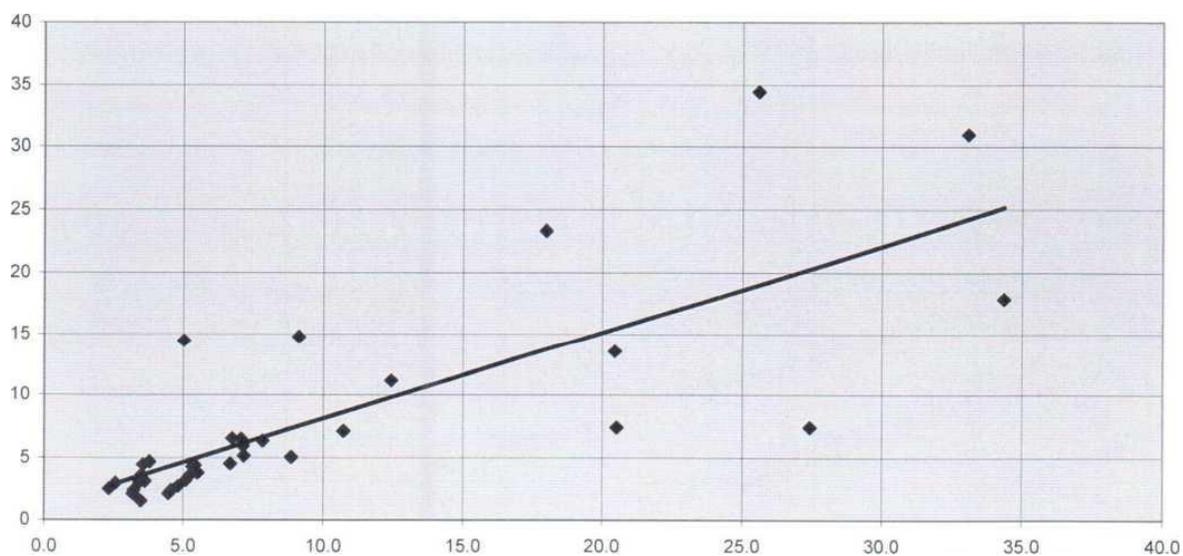
Оккервиль с р.Аволга у д.Матокса

$$(q(\text{Оккервиль})_{\text{мес}} = 1.38 \times q(\text{Аволга})_{\text{мес}} - 1.67)$$



р. Охта – п. Новое Девяткино

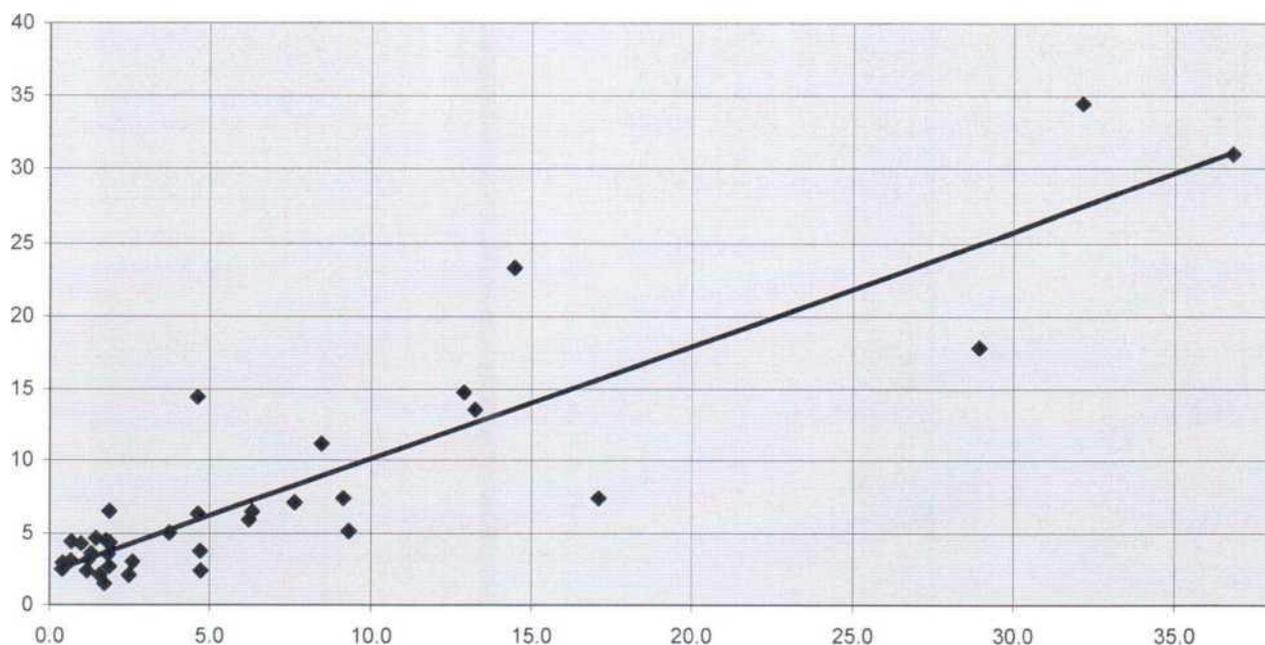
Рисунок 5.2 – График связи среднемесячных модулей стока р. Оккервиль с р.Охта у п.Новое Девяткино($q(\text{Оккервиль})_{\text{мес}} = 0.79 \times q(\text{Охта})_{\text{мес}} - 0.24$)



р. Мга – ст. Мга

Рис 5.3 График связи среднемесячных модулей стока р. Оккервиль с р.Мга у ст.Мга

$$(q(\text{Оккервиль})_{\text{мес}} = 1.27 \times q(\text{Мга})_{\text{мес}} - 2.90)$$



р. Сестра – ст. Белоостров

Рис 5.4. График связи среднемесячных модулей стока р. Оккерவில் с р.Сестра у ст.Белоостров($q(\text{Оккерவில்})_{\text{мес}} = 1.43 \times q(\text{Сестра})_{\text{мес}} - 1.57$)

По уравнениям рассчитываются значения среднемесячных модулей стока р. Оккерவில் за период с 06.1932 по 07.1941, с 06.1944 по 07.1974 и с 01.1978 по 07.1997 с корректировкой полученных по уравнению регрессии значений (приводка к единому решению). Для 08.1950, 01.1951, 08.1959, 02.1960 и 08.1960 были получены отрицательные модули стока при восстановлении по реке-аналогу Охта, чтобы избежать отрицательных значений, восстановление на эти месяцы произведено по реке-аналогу Мга. На основе имеющихся среднемесячных модулей стока реки Оккерவில் определяются значения среднегодовых модулей стока с учетом числа дней в каждом месяце и високосных лет. Добавив к восстановленным имеющиеся данные за период с 1975 по 1977 годы, получили ряд среднегодовых модулей стока длиной 60 лет (приложение 1, таблица 5).

Другим, довольно новым методом последовательного восстановления среднегодовых величин стока на реке, не имеющей

достаточного количества наблюдений, является использование установленных для района, в котором располагается река зависимостей стока за каждый восстанавливаемый год от стока за тот год, по которому имеются наблюдения на расчетной реке. Этот метод основан на вполне логичном предположении о том, что обеспеченности стока различных лет для рек, находящихся в гидрологически однородном районе, близки между собой. Действительно, если смотреть с физической точки зрения, в каждый конкретный год влияние основных стокоформирующих факторов сказывается близким образом на реках одного района и на величине их стока.

При расчете по зависимостям для района, к полученным связям предъявляют почти такие же требования, как и при восстановлении ряда методом парной линейной корреляции: число аналогов должно быть не менее 6, коэффициент корреляции между стоком на реках в рассматриваемые года должен быть не менее 0.7, отношение коэффициента корреляции к его среднеквадратической ошибке больше 2 и также величина коэффициента регрессии в два раза больше среднеквадратической ошибки коэффициента регрессии.

Оценку возможности применения выбранных выше рек-аналогов и исходной информации для расчета новым методом можно произвести, сравнивая значения стока р. Оккервиль, полученные за период с 1975 по 1977 годы по районным зависимостям, со стоком, определенным по данным гидрологических наблюдений. Зависимости находятся между среднегодовыми модулями стока, поэтому имеющиеся данные о среднегодовых расходах воды за период с 1975 по 1977 годы р. Оккервиль и рек-аналогов были переведены в модули. В таблице А.6 приведены модули стока рек-аналогов за период с 1975 по 1977 годы.

Таблица 6.1.6 – Среднегодовые модули стока рек-аналогов

Река - пункт	Модули стока за год, л/с с км ²
--------------	--

	1975	1976	1977
р. Охта - д. Новое Девяткино	8.83	10.4	11.2
р. Мга - ст. Горы	6.09	7.68	7.15
р. Волчья - д. Варшко	7.75	8.03	8.71
р. Аволга - д. Матокса	7.4	10.0	9.62
р. Безымянная - ст. Токсово	6.83	7.76	8.7
р. Сестра - ст. Белоостров	8.92	9.26	10.3
р. Вьун - пос. Запорожское	8.13	8.39	9.6

Коэффициент корреляции между стоком на реках-аналогах и его отношение к СКО за 1975 и 1977 годы равны соответственно 0.91 и 13.7, за 1976 и 1977 годы – 0.85 и 7.4, за 1975 и 1976 годы. – 0.66 и 2.9. Величина отношения коэффициента регрессии к его СКО равна для зависимостей модулей стока на реках одного района с р. Оккервиль: 1975 от 1976 г. – 4.9; 1975 от 1977 г. – 6.6, 1976 от 1975 г.– 4.0; 1976 от 1977 г. – 7.0, 1977 от 1975 г.– 3.4, 1977 от 1976 г.– 9.3. Таким образом, видно, что все зависимости удовлетворяют условиям, за исключением низкой корреляции между 1975 и 1976 годами, следовательно, для расчета можно использовать зависимости стока за 1975 от 1977 г., 1977 от 1975 г., 1976 от 1977 г., 1977 от 1976 г. Графические изображения и аналитические формулы полученных линейных зависимостей стока между разными годами приведены на рисунках 5.5 и 5.6.

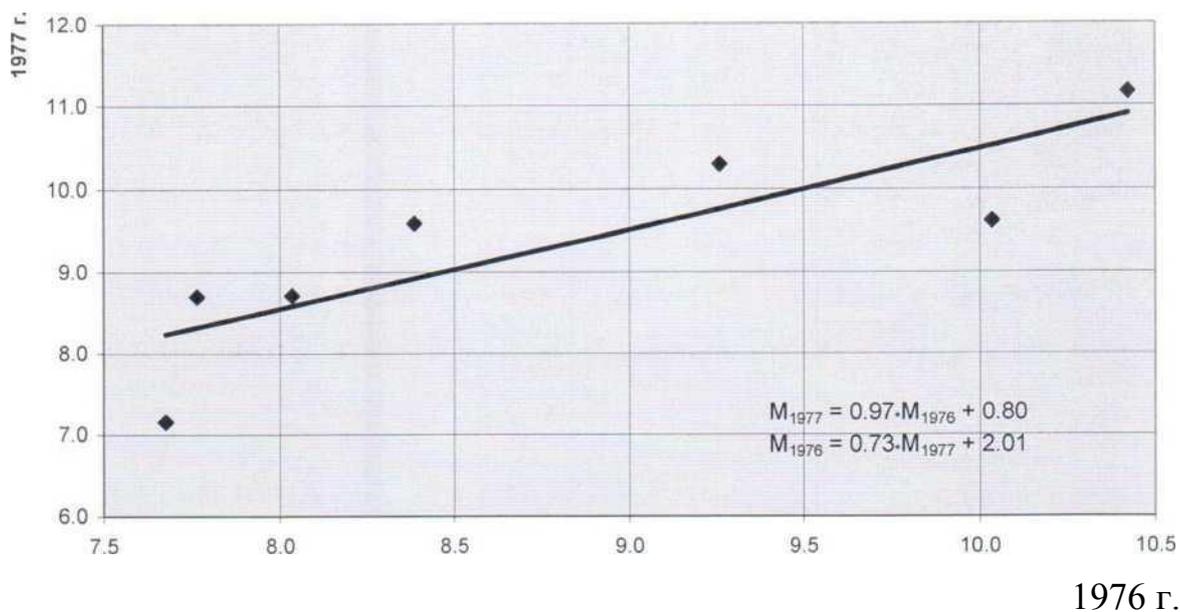


Рис 5.5. График связи модулей годового стока за 1976 и 1977 годы для района, в котором расположенар. Оккервиль

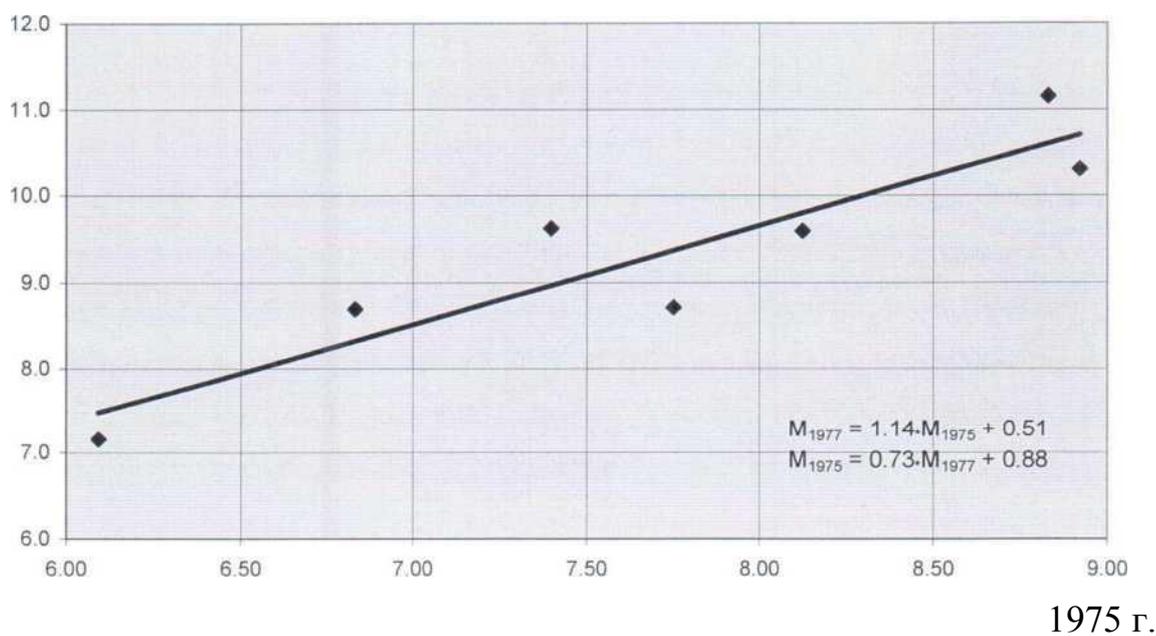


Рис 5.6. График связи модулей годового стока за 1975 и 1977 годы для района, в котором расположенар. Оккервиль

Как видно на графиках, различие в озерности водосборов рек оказывает незначительное влияние на связь между среднемноголетними модулями

стока, и все точки довольно ровно ложатся вокруг осредняющей прямой. Конечно, для рек, вытекающих из крупных водоемов, таких как, к примеру, р. Нева, величина годового стока которых определяется не водностью года, а уровнями водоема, обязательно будет заметно значительное отклонение точек от графика районной зависимости. Крупные водоемы, с периодом водообмена значительно превышающим один год, срезают высокочастотные колебания водности, поэтому для рек, вытекающих из них, сток за конкретный год определяется водностью предшествующего этому году периода (многоводный или маловодный). В данном случае, даже для поста на р. Безымянная, вытекающей из озера с глухой плотиной в месте истока, работающей как водослив, при озерности 19% (максимальной из всех выбранных аналогов) регулирующей емкости озера недостаточно для многолетнего перераспределения стока. С учетом площади водосбора поста на р. Безымянная у ст. Токсово и озерности водосбора можно легко получить, что площадь водной поверхности озера из которого вытекает река максимум 6.12 км². Конечно, глухая плотина значительно сказывается на внутригодовом распределении стока и может приводить в отдельные месяцы даже к полному пересыханию р. Безымянная (как мы видели выше), однако, благодаря неравномерности поступления притока в озеро и, очевидно, небольшой при такой площади регулирующей его емкости, среднегодовой расход р. Безымянная определяется именно водностью данного года и не зависит от водности группы предшествующих лет. Это подтверждается тем, что на графиках районных связей между среднегодовыми модулями стока разных лет точка р. Безымянная значительно не отклоняется от прямой. Из анализа можно сделать вывод, что все используемые аналоги подходят для восстановления стока данным методом.

Результаты расчета модулей стока по полученным зависимостям и определение отклонения их от полученных путем наблюдений на р. Оккервиль приведены в таблице А.7. При расчете осуществлено приведение

результатов к единому решению. Так как среднегодовой модуль стока р. Оккервиль в 1977 г. удалось установить по двум зависимостям (от стока за 1975 и 1976 гг.), то в качестве конечного результата, подлежащего оценке среднее из двух полученных.

Таблица 6.1.7– Результаты расчета среднегодовых модулей стока р.

Оккервиль

по районным зависимостям и определение ошибок расчетов

Годы	1975	1976	1977
Измеренные в результате измерений			
	7.84	7.18	8.44
Рассчитанные по зависимостям (единое решение)			
по одному году	6.98	8.06	9.20
по другому году			7.48
среднее			8.34
Отклонение рассчитанных от измеренных			
Ошибка, %	-11.0	12.3	-1.10

Как видно, для 1975 и 1976 годов, когда определение среднегодового модуля стока производилось с использованием зависимости от одного года, ошибка полученного результата составила от 11 до 12%. Использование двух зависимостей позволило значительно снизить ошибку: если при расчете только по 1975 г. или только по 1976 г. ошибка получаемого среднегодового модуля стока за 1977 г. равна от 6 до 8%, то при использовании двух лет - уменьшается до 1%. Различие знаков отклонений среднегодовых модулей стока, рассчитанных по зависимостям от определенных по измерениям расхода на р. Оккервиль, указывает на то, что ошибка, имеющая место при восстановлении стока по районным зависимостям носит случайный характер (возможно нормально распределена) и использование нескольких зависимостей с последующим осреднением результатов приводит к большей точности расчета.

В таблице А.8 приведен расчет среднегодовых модулей стока р. Оккервиль с использованием районных зависимостей между стоком за отдельные года. Расчет производился только по тем зависимостям, которые полностью удовлетворяли указанным выше условиям. При восстановлении среднегодового модуля стока по нескольким зависимостям от разных лет, в качестве результата брался средний из вычисленных. Также в таблице указаны стандартные ошибки значений, восстановленных отдельно по каждой зависимости. Графическое изображение и аналитические формулы зависимостей приведены в Приложении 1 на рисунках 4-42.

Таблица 6.1.8– Восстановление среднегодовых модулей стока р. Оккервиль по районным зависимостям

Годы	Число исп. аналогов	Коэф. корреляции, r_c			R_i/CKO_{r_i}			$k_i/CKOk_i$			р. О (Весё Кудр р	
		с 1975	с 1976	с 1977	с 1975	с 1976	с 1977	с 1975	с 1976	с 1977	по 1975	1
1955	6	0.77	0.66	0.81	4.18	2.63	5.41	2.82	1.98	3.14	11.45	
1956	6	0.83	0.69	0.88	5.93	2.97	9.09	3.50	2.15	4.24	9.41	
1957	6	0.67	0.73	0.77	2.68	3.53	4.21	2.12	2.40	2.70	–	9
1958	6	0.50	0.60	0.60	1.50	2.10	2.08	1.38	1.66	1.64	–	
1961	6	0.77	0.58	0.73	4.26	1.97	3.50	2.85	1.60	2.37	8.02	
1962	6	0.61	0.87	0.79	2.17	7.80	4.66	1.81	3.89	2.85	–	1
1964	7	0.80	0.62	0.68	5.36	2.49	3.08	3.44	1.96	2.26	6.43	
1965	7	0.86	0.71	0.88	8.15	3.57	9.75	4.44	2.49	4.58	7.60	5
1966	7	0.70	0.62	0.74	3.36	2.47	4.04	2.56	1.93	2.70	11.35	
1967	7	0.90	0.67	0.81	11.1	2.94	5.91	5.28	2.19	3.44	8.79	
1968	7	0.91	0.67	0.79	13.4	3.02	5.20	5.83	2.23	3.18	9.31	
1969	7	0.72	0.74	0.67	3.69	3.99	3.02	2.74	2.70	2.24	8.46	6
1971	7	0.86	0.83	0.91	8.12	6.33	12.5	4.43	3.59	5.26	9.00	6
1972	7	0.83	0.76	0.74	6.65	4.50	4.06	3.94	2.90	2.71	5.85	3
1973	7	0.91	0.69	0.83	13.7	3.19	6.66	5.92	2.33	3.66	5.29	
1974	6	0.82	0.91	0.82	5.57	11.7	5.46	3.03	4.89	3.15	10.28	7
1979	7	0.94	0.81	0.91	18.8	5.82	12.3	7.04	3.39	5.22	8.42	4
1980	7	0.73	0.82	0.93	3.79	6.07	16.5	2.78	3.48	6.11	10.67	6

Пользуясь данными наблюдений на реках-аналогах, удалось восстановить среднегодовые модули стока р. Оккервиль за 17 лет. В 1 случае восстановление было произведено по одной зависимости, в 10 случаях – по двум, и в 6 случаях – по трем.

Значения среднегодовых модулей стока р. Оккервиль полученные

разными методами приведены в таблице А.9. При расчете первым методом для определения среднегодовых модулей стока р. Оккервиль использовалась простая формула, в которой среднемесячные модули стока суммировались с коэффициентами равными отношению числа дней в месяце к числу дней в году. При оценке точности расчета по зависимостям с несколькими аргументами используют известную формулу, нашедшую широкое применение в гидрологических прогнозах [6. с.171):

$S_y = \sqrt{(\partial y / \partial x)^2 \times \sigma_x^2 + (\partial y / \partial z)^2 \times \sigma_z^2 + \dots}$	(6.1.1)
--	---------

где	S_y σ_x^2 и σ_z^2 $(\partial y / \partial x), \dots$	–	средняя квадратическая погрешность функции $y(x, z, \dots)$;
		–	дисперсии погрешностей определения аргументов x, z, \dots ;
		–	частные производные функции.

При расчете среднемесячных модулей стока по первой методике их стандартная ошибка при восстановлении по р. Аволга равна 2.81, а при восстановлении по р. Охта – 3.26. Для получения среднемесячных модулей стока р. Оккервиль для каждого месяца 1974 г. использовалась в качестве аналога р. Охта, и стандартная ошибка определения по формуле среднегодового модуля стока составила 0.94, а для получения среднемесячных модулей стока за другие годы, приведенные в таблице А.9, использовалась в качестве аналога р. Аволга, поэтому стандартная ошибка (СКО) расчета среднегодового модуля стока за эти годы равна 0.81.

При использовании второй методики в 16 случаях из 17 восстановленные по районным зависимостям от разных лет среднегодовые модули стока осреднялись. Используя указанную выше формулу, можно определить стандартные ошибки (СКО) среднегодовых модулей стока, полученные осреднением результатов расчета по районным зависимостям от различных лет. Во время расчета вторым методом при восстановлении на

каждый год находилось свое уравнение регрессии, поэтому и стандартная ошибка каждого восстановленного среднегодового модуля стока своя.

Как видно из таблицы А.9, стандартная ошибка расчета среднегодового модуля стока по второй методике меньше для каждого года. Сравнивая стандартные ошибки при расчете двумя методами можно сделать вывод о том, что использование уравнений регрессии второго метода придает большую точность расчетам. Это, в совокупности с указанными выше недостатками первого метода восстановления стока, позволяет отдать предпочтение результатам, полученным вторым методом.

Таблица 6.8 – Восстановленные среднегодовые модули стока р. Оккервиль

Год	Модуль стока,	Стандартная ошибка, %	Модуль стока,	Стандартная ошибка, %
	по первой методике		по второй методике	
1955	10.2	0.81	10.9	0.64
1956	8.60	0.81	8.85	0.5
1957	10.2	0.81	10.2	0.59
1961	7.56	0.81	7.59	0.49
1962	12.7	0.81	12.4	0.54
1964	6.10	0.81	6.43	0.55
1965	6.61	0.81	6.31	0.48
1966	9.26	0.81	10.7	0.75
1967	7.34	0.81	7.92	0.71
1968	7.64	0.81	8.76	0.49
1969	8.09	0.81	7.39	0.61
1971	8.51	0.81	7.78	0.41
1972	5.35	0.81	4.66	0.49
1973	4.78	0.81	4.78	0.38
1974	10.1	0.94	8.68	0.65
1979	9.55	0.81	6.61	0.55
1980	8.05	0.81	8.72	0.72

В результате всех проведенных выше расчетов получен ряд среднегодовых модулей стока р. Оккервиль длиной 60 лет. Среднегодовые модули стока за период с 1955 по 1958 г., за период с 1961 по 1969 г., за период с 1971 по 1974 г. и за период с 1978 по 1980 г. получены с использованием районных зависимостей между стоком различных лет, а за остальные годы методом линейной парной корреляции между среднемесячными модулями стока р. Оккервиль и рек-аналогов. Восстановленный ряд среднегодовых модулей стока присоединен к имеющимся по наблюдениям за период с 1975 по 1977 г.

Статистическая обработка ряда среднегодовых модулей стока сводится к определению нормы (среднегодового), коэффициентов вариации и асимметрии, а также их погрешностей. Норма стока равна $q_r = 8.55$ л/(скм²). Для оценки связи между соседними членами ряда определяется коэффициент автокорреляции для непрерывного ряда с 1945 по 1996 г.: $r(1) = 0.42$. Смещенное значение коэффициента вариации $C_v = 0.27$. После удаления смещения его значение не изменилось $C_v = 0.27$. Несмотря на большое ($>0,3$) значение коэффициента автокорреляции коэффициент вариации рассчитывается методом моментов, так как при $C_v < 0.5$ полученные методом моментов и методом наибольшего правдоподобия его значения совпадают. Относительные среднеквадратические погрешности нормы и коэффициента вариации с учетом коэффициента автокорреляции $r(1)$ в пределе $[0.2; 0.5]$ равны $\sigma_q = 5.4$ % и $\sigma_{C_v} = 3.1$ %. При расчете коэффициента асимметрии методом моментов получается значение $C_s = 0.24$. Далее рассчитываются координаты эмпирической кривой обеспеченности и кривой трехпараметрического гамма-распределения среднегодовых модулей стока воды р. Оккервиль.

Таблица 6.9 – Координаты эмпирической кривой обеспеченности среднегодовых модулей стока воды р. Оккервиль

P, %	K _p						
1.60	1.55	21.3	1.25	41.0	1.06	60.7	0.91
3.30	1.52	23.0	1.22	42.6	1.03	62.3	0.89
4.90	1.50	24.6	1.22	44.3	1.03	63.9	0.86
6.60	1.46	26.2	1.19	45.9	1.02	65.6	0.86
8.20	1.45	27.9	1.16	47.5	1.02	67.2	0.83
9.80	1.41	29.5	1.12	49.2	1.01	68.9	0.82
11.5	1.33	31.1	1.12	50.8	0.99	70.5	0.80
13.1	1.32	32.8	1.12	52.5	0.97	72.1	0.78
14.8	1.31	34.4	1.12	54.1	0.97	73.8	0.77
16.4	1.29	36.1	1.09	55.7	0.96	75.4	0.76
18.0	1.28	37.7	1.09	57.4	0.93	77.0	0.76
19.7	1.27	39.3	1.07	59.0	0.92	78.7	0.75

Таблица 6.11 – Ординаты кривой трехпараметрического гамма-распределения среднегодовых модулей естественного стока воды р.

Оккервиль ($C_v = 0.27$; $C_s = 0.24$)

P, %	0.1	0.5	1.0	5.0	20	50	70
K _p	1.84	1.74	1.68	1.47	1.23	0.98	0.85

Эмпирические точки наносятся на клетчатку вероятностей и строится кривая трехпараметрического гамма-распределения (приложение А, рисунок А.43). Определяется доверительный интервал: наибольшего члена ряда – 95.0..99.91%, наименьшего члена ряда – 0.09..5.0%. Обе крайние точки эмпирической кривой обеспеченности попадают в доверительный интервал, следовательно, отклонение крайних членов ряда можно объяснить случайными колебаниями. Кривая трехпараметрического гамма-распределения ($C_v = 0.27$; $C_s = 0.24$) достаточно хорошо соответствует эмпирическим точкам, поэтому ее можно использовать для определения среднегодовых модулей стока расчетной обеспеченности. Однако в наиболее важной при экологическом нормировании части кривой, в области большой повторяемости, она совпадает с эмпирическими точками не лучшим образом.

При расчете методом квантилей значения модуля стока, снимаемые со сглаженной эмпирической кривой для обеспеченностей 5.50 и 95% равны $q_{r5\%} = 12.6$ л/(скм²), $q_{r50\%} = 8.38$ л/(скм²) и $q_{r95\%} = 5.04$ л/(скм²). Коэффициент скошенности $S = 0.12$. Коэффициент асимметрии $C_s = 0.45$. Относительные отклонения ординат биномиальной кривой обеспеченности, соответствующие вычисленному коэффициенту скошенности, $\Phi_{5\%} = 1.76$, $\Phi_{50\%} = -0.075$ и $\Phi_{95\%} = -1.505$. Норма стока $q = 8.55$ л/(скм²). Среднеквадратическое отклонение $\sigma = 2.33$ л/(скм²). Коэффициент вариации $C_v = 0.27$. Соответствие аналитической кривой обеспеченности эмпирическому распределению определяется по критерию:

$\frac{ q - q_k }{q} < 0.02,$	(6.1.2)
-------------------------------	---------

Рассчитываются ординаты аналитической биномиальной кривой обеспеченности и строится кривая (приложение 1, рисунок 43).

Таблица 6.12 – Расчет ординат аналитической биномиальной кривой обеспеченности

среднегодовых модулей стока воды р. Оккервиль ($C_v = 0.27$; $C_s = 0.45$)

P, %	0.1	1	5	20	50	70	80	95	99
Φ_p	3.74	2.65	1.76	0.82	-0.08	-0.58	-0.85	-1.50	-1.99
K_p	2.01	1.71	1.48	1.22	0.98	0.84	0.77	0.59	0.46

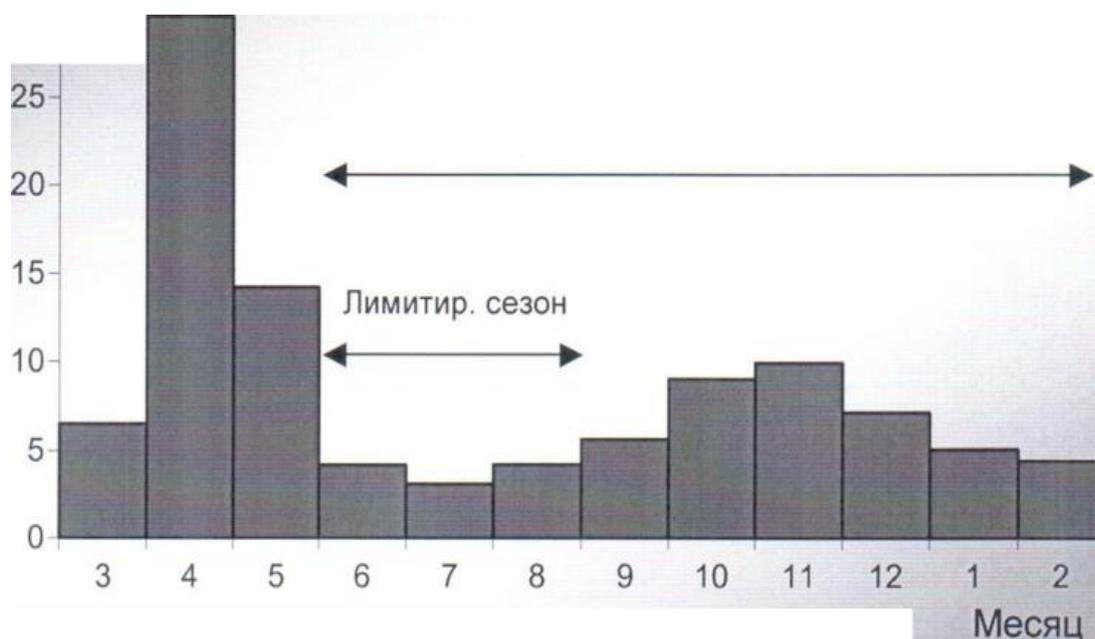
Биномиальная кривая видимо лучше соответствует эмпирическим точкам в области модулей стока большой вероятности превышения, которые более важны при экологическом нормировании. Таким образом, целесообразнее принять в расчетах значения коэффициентов вариации и асимметрии, рассчитанные методом квантилей: $C_v = 0.27$ (как и при

использовании метода моментов), $C_s = 0.45$.

Учитывая, что площадь водосбора р. Оккервиль, сток с которой осуществляется не через канализационную сеть, составляет 86.8 км², то норма естественного стока р. Оккервиль равна 0.74 м³/с. По данным статистической отчетности 2ТП-водхоз за 1997 г. (приложение 1, таблица 6) объем сточных вод сброшенных в реку за год равен 27954.9 тыс. м³, то есть расход сточных вод составляет 0.89 м³/с. Таким образом, суммарный расход реки Оккервиль в год средней водности (норма) равен 1.63 м³/с. Полученное значение вполне реальное, сравнимое с измеренным во время рекогносцировочного обследования 25.10.2002 г.

6.2 Внутригодовое распределение стока

Экологическое нормирование производится для расхода в реке равного либо норме, либо минимальному месячному расходу года 95% обеспеченности. Чтобы определить последний, необходимо рассчитать среднемесячные модули стока за каждый месяц в год 95% обеспеченности. Расчет по восстановленному ряду следует производить методом компоновки. Сначала определяется водохозяйственный год и лимитирующие период и сезон. Для этого подсчитываются значения среднемесячных модулей стока для каждого месяца по восстановленному ряду (приложение 1, таблица 5) и строится среднемноголетний гидрограф стока.



Из анализа среднегодового гидрографа естественного стока р. Оккерவில் видно, что лимитирующим сезоном является лето (6-8 месяцы), нелимитирующим сезоном осень-зима (9-2 месяцы), а нелимитирующим периодом – весна (3-5 месяцы). В соответствии с выделенными границами рассчитываются суммы месячных модулей стока по выделенным сезонам за каждый год, затем они располагаются в убывающем порядке и для них рассчитывается эмпирическую обеспеченность. Выделяются основные группы водности: многоводная, средняя по водности и маловодная (приложение 3, таблица 1). По сезонам для каждого года, вошедшего в маловодную группу, выписываются в порядке убывания по вертикали суммы модулей стока, а по горизонтали также в порядке убывания – среднемесячные модули стока с указанием месяца. Вычисляются суммы модулей стока по вертикали и их распределение внутри сезона по месяцам в процентах. Процентное распределение относится к наиболее часто повторяющемуся месяцу (приложение 3, таблица 2). Таким образом, получаем внутрисезонное распределение стока по месяцам.

Таблица 6.2.1 – Внутрисезонное распределение стока в модулях стока (л/с

скм²) по месяцам маловодной группы сезонов по
восстановленному ряду для р. Оккервиль

Месяц / сезон	03	04	05	весна	6	7	8	лето	9	10	11
% от сезонного	9.1	66.6	24.4	100	42.6	22.9	34.5	100	10.2	21.4	31.1

Теперь, зная внутрисезонное распределение стока, необходимо определить сумму модулей стока по сезонам для года 95% обеспеченности. Для этого подсчитываются суммы месячных модулей стока за год, лимитирующий период и сезон. Полученные суммы располагаются в убывающем порядке и для них рассчитывают координаты эмпирических кривых обеспеченности в модульных коэффициентах (приложение 3, таблицы 3-5).

На клетчатке вероятностей строятся эмпирические кривые обеспеченности. Используя сглаженные эмпирические кривые обеспеченности, методом квантилей определяются параметры биномиальных кривых обеспеченности, хорошо описывающих область модулей стока большой вероятности превышения. Расчет параметров и ординат биномиальных кривых обеспеченности приведен в таблицах А.14 и А.15.

Таблица 6.2.2 – Расчет параметров биномиальных кривых обеспеченности суммы месячных модулей стока за водохозяйственные год, лимитирующий период и лимитирующий сезон

P, %	K _p	Q _p , л/с с км ²	S	C _s	Ф _p	СКО, л/с с км ²	Q _{ср} , л/с км ²
Год							
5	1.48	152	0.15	0.55	1.78	27.1	1
50	0.98	101			-0.09		

95	0.62	63.9			-1.47		
Лимитирующий период							
5	1.76	93.3	0.23	0.83	1.85	21.6	5
50	0.95	50.4			-0.14		
95	0.45	23.8			-1.37		
Лимитирующий сезон							
5	2.21	25.4	0.44	1.6	1.96	7.06	1
50	0.86	9.89			-0.25		
95	0.33	3.8			-1.1		

Таблица 6.2.3 – Расчет ординат аналитических биномиальных кривых обеспеченности суммы месячных модулей стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон

P, %	0.1	1	5	20	50	70	80	95	99
Год									
Фр	3.88	2.72	1.78	0.80	-0.09	-0.59	-0.85	-1.47	-1.92
Кр	2.01	1.71	1.46	1.21	0.98	0.85	0.78	0.62	0.50
Лимитирующий период									
Фр	4.28	2.91	1.84	0.78	-0.13	-0.60	-0.86	-1.37	-1.72
Кр	2.71	2.16	1.74	1.31	0.95	0.76	0.66	0.45	0.31
Лимитирующий сезон									
Фр	5.37	3.39	1.97	0.68	-0.25	-0.64	-0.81	-1.10	-1.20
Кр	4.28	3.07	2.20	1.41	0.85	0.61	0.50	0.33	0.27

Строятся биномиальные кривые обеспеченности (приложение 3, рисунок 1). Все три кривые в нижней части достаточно хорошо описывают эмпирические точки, поэтому с них можно снять модульные коэффициенты соответствующих сумм месячных модулей стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Для обеспеченности 95% сумма месячных

модулей стока за год равна 63.9 л/(скм²), за лимитирующий период – 23.8 л/(скм²), а за лимитирующий сезон (лето) – 3.80 л/(скм²). Сумма месячных модулей стока для нелимитирующего периода (весны) определяется по разности сумм месячных модулей стока за год и за лимитирующий период и равна 40.1 л/(скм²), а для нелимитирующего сезона (осень-зима) – по разности сумм месячных модулей стока за лимитирующий период и сезон – 20.0 л/(скм²). Теперь, зная величины сезонного стока в год 95% обеспеченности и внутрисезонное распределение стока, можно определить среднемесячный модуль стока на каждый месяц.

Таблица 6.2.4 – Расчет среднемесячных модулей стока по месяцам для года обеспеченностью 95%(р. Оккервиль)

????	3	4	5	весна	6	7	8	лето	9	10	11
% от сезонного	9.1	66.6	24.4	100	42.6	22.9	34.5	100	10.2	21.4	31.1
Модуль стока, л/с (с км ²)	3.65	26.7	9.78	40.1	1.62	0.87	1.31	3.80	2.04	4.28	6.22

Из таблицы А.16 видно, что минимальный среднемесячный модуль стока в год 95% обеспеченности на р. Оккервиль наблюдается в июле месяце и составляет 0.87 л/(скм²). То есть минимальный среднемесячный естественный расход р. Оккервиль в устье, с учетом площади водосбора не имеющей канализационной сети, в год 95% обеспеченности равен 0.076 м³/с. Суммарный расход в устье с учетом сточных вод составляет 0.96 м³/с. Для створа у д. Кудрово на расстоянии 12.8 км от истока р. Оккервиль минимальный среднемесячный естественный расход равен 0.058 м³/с, а со сточными водами – 0.078 м³/с.

6.3 Изменение расхода воды по длине реки

При картографическом анализе р. Оккервиль определены притоки и

расстояния от мест их впадения до истока реки. Норма модуля стока для р. Оккервиль уже рассчитана и составляет $8.55 \text{ л}/(\text{скм}^2)$. Следовательно, измерив площади водосборов притоков и главной реки в месте их впадения, а также, условно приняв изменение расхода в реке между притоками равномерным, получаем график изменения естественного расхода воды (нормы) по длине р. Оккервиль (приложение 4, рисунок 1). Территория, имеющая канализационную сеть, в построении данного графика не участвует, так как сток с нее учитывается в данных об объемах сточных вод. Для расчета изменения расхода сточных вод по длине реки можно воспользоваться данными статистической отчетности 2ТП-водхоз (приложение 1, таблица 6), где указаны объемы сбрасываемых сточных вод и местоположение сбросов. Приняв расход сточных вод постоянным в течение года, а также, уточнив местоположение выпусков на основании карт и данных рекогносцировочного обследования местности, строится график изменения расхода сточных вод по длине реки (приложение 4, рисунок 2). Рассчитывая общий расход в реке на каждом участке как сумму естественного расхода и расхода сточных вод, получим график изменения суммарного расхода воды по длине р. Оккервиль (приложение 4, рисунок 3).

Экологическое нормирование будет производиться для двух контрольных створов: один из которых будет располагаться в устье р. Оккервиль с нормой естественного годового расхода воды $0.74 \text{ м}^3/\text{с}$, а с учетом сточных вод $1.63 \text{ м}^3/\text{с}$; другой выше сброса промывных вод Северной водопроводной станцией на расстоянии 12.8 км от истока в районе поста у д. Кудрово с нормой естественного расхода $0.57 \text{ м}^3/\text{с}$, а со сточными водами – 0.59 м^3 .

7 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД РЕКИ ОККЕРВИЛЬ

7.1 Загрязнение сточными водами

Сведения о сбросах сточных вод в р. Оккервиль можно получить из данных статистической отчетности – таблицы 2ТП-водхоз за 1997 г. (приложение 1, таблица б), где имеются объемы сточных вод сбрасываемых различными водопользователями, а также массы загрязняющих веществ в этих водах. Имея эти данные, и значения ПДК для объекта имеющего рыбохозяйственное значение, коим официально является р. Оккервиль, можно определить относительные концентрации загрязняющих веществ в реке с учетом только их масс, сбрасываемых через стационарные выпуски. Именно эти относительные концентрации позволяют определить, по каким основным поллютантам проводить нормирование, и непосредственно используются при определении допустимых сбросов. Расчет относительных концентраций для контрольных створов в устье и у д. Кудрово (12.8 км от истока) представлен в таблицах с 7.1.1 по 7.1.4.

Таблица 7.1.1 – Определение относительных концентраций значимых поллютантов (при естественном расходе воды в реке, равном норме и расходе сточных вод равном 1, 63 м³/с), сбрасываемых через стационарные выпуски для контрольного створа в устье р. Оккервиль

Поллютант	БПК	Нефть	Взв.	АІ	N _{общ.}	N(NH ₄)	Fe
Концентрация ¹ , мг/л	9.35	0.14	85.5	8.63	0.63	0.76	1.41
ПДК (мг/л) - рыбхоз.	2.00	0.05	21.3	0.04	9.42	0.40	0.10

Относительные концентрации	4.67	2.71	4.02	216	0.07	1.90	14.1	
Поллютант	Ni	N-NO ₃	N-	Hg	Pb	СПАВ	SO ₄	С
Концентрация ¹ , мг/л	0.0009	0.02	0.02	0.00002	0.0032	0.03	18.20	
ПДК (мг/л) - рыбхоз.	0.01	40.00	0.08	0.00001	0.10	0.10	100.00	
Относительные концентрации	0.09	0.00	0.24	1.89	0.03	0.34	0.18	
Пр и м е ч а н и е – ¹ Средние концентрации поллютантов в р. Оккервиль для стационарные выпуски (миллиграммов на литр)								

Таблица 7.1.2 – Определение относительных концентраций значимых поллютантов (при естественном расходе воды в реке равном минимальному среднемесячному расходу года 95%-ой обеспеченности и расходе сточных вод равном 0,96 м³/с), сбрасываемых через стационарные выпуски для контрольного створа в устье р. Оккервиль

Поллютант	БП	He	Вз	Al	N _o	N(N	Fe	Cd	Co	Mg	Mn	Cu
Концентрация ¹ , мг/л	15.9	0.23	14.5	14.7	1.07	1.29	2.39	0.0002	0.0004	0.06	0.06	0.005
ПДК (мг/л) - рыбхоз.	2.00	0.05	21.3	0.04	9.42	0.40	0.10	0.01	0.01	40.00	0.010	0.001
Относительные	7.94	4.60	6.83	366	0.11	3.23	23.9	0.040	0.036	0.002	5.54	4.92
Поллютант	Ni	N-	N-	Hg	Pb	СП	S	Фен	Фоб	Cl	Zn	
Концентрация ¹ , мг/л	0.002	0.04	0.03	0.0003	0.001	0.06	31.0	0.0003	0.26	0.01	0.04	–
ПДК (мг/л) - рыбхоз.	0.01	40.00	0.08	0.0001	0.10	0.10	10.00	0.0010	2.00	30.00	0.001	–
Относительные	0.16	0.001	0.41	3.20	0.005	0.58	0.33	0.25	0.13	0.00	4.40	–

Примечание – ¹Средние концентрации поллютантов в р. Оккервиль для их масс, сброшенных через стационарные выпуски (мг/л)

Таблица 7.1.3 – Определение относительных концентраций значимых поллютантов(при естественном расходе воды в реке, равном норме и расходе сточных вод равном 0,59 м³/с), сбрасываемых через стационарные выпуски для контрольного створа уд. Кудрово на расстоянии 12.8 км от истокар. Оккервиль

Поллютант	БПК	Нефть	Взв.	Нообщ.	N(NH ₄)	Fe	N-NO ₃
Масса сбрасываемого вещества, кг	12400	140	7840	4619	2947	282	1019
Концентрация ¹ , мг/л	0.70	0.01	0.44	0.26	0.17	0.02	0.060
ПДК (мг/л) - рыб-хоз.	2.00	0.1	21.25	9.42	0.40	0.10	40.00
Относительные концентрации	0.35	0.16	0.02	0.03	0.42	0.16	0.001
Примечание – ¹ Средние концентрации поллютантов в р. Оккервиль для их массовых выпуски (мг/л)							

Таблица 7.1.4 – Определение относительных концентраций значимых поллютантов(при естественном расходе воды в реке равном минимальному среднемесячному расходу года 95%-ой обеспеченности и расходе сточных вод равном 78,0 л/с), сбрасываемых через стационарные выпуски для контрольного створа уд. Кудрово на расстоянии 12.8 км от истока р. Оккервиль

Поллютант	БПК	Нефть	Взв. в-ва	N _{общ.}	N(NH ₄)	Fe	N-NO ₃	N-NO ₂
Концентрация ¹ , мг/л	5.04	0.06	3.19	1.88	1.20	0.11	0.41	0.20
ПДК (мг/л) - рыб-хоз	2.00	0.05	21.3	9.42	0.40	0.10	40.0	0.08
Относительные концентрации	2.52	1.14	0.15	0.20	3.00	1.15	0.01	2.48
Примечание – ¹ Средние концентрации поллютантов в р. Оккервиль для стационарных выпусков (мг/л)								

Относительные концентрации больше единицы для БПК₅, нефтепродуктов, взвешенных веществ, алюминия, аммонийного азота, общего железа, марганца, меди, ртути и цинка, а четыре загрязняющих вещества, кроме БПК₅, с максимальными значениями относительных концентраций: алюминий, железо, взвешенные вещества и марганец. Для контрольного створа у д. Кудрово при естественном расходе равном норме все относительные концентрации меньше единицы, а при расходе равном минимальному среднемесячному расходу года 95% обеспеченности больше единицы относительные концентрации БПК₅, нефтепродуктов, аммонийного азота, железа, нитритов.

7.2 Диффузное загрязнение

Определение диффузного загрязнения вод р. Оккервиль производится по расчетным схемам Методических указаний по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты [7]. На основании анализа картографического материала и рекогносцировочного обследования реки удастся установить два источника рассеянного загрязнения: с/х угодья и ТЭЦ №2 г. Санкт-Петербурга. Вынос с полей оценивается по схеме расчета стока с эродированных и эрозионно-опасных земель сельскохозяйственного назначения. Так как отсутствует контроль за выносом с полей конкретных поллютантов, то расчет производится лишь для взвешенных веществ. В расчете учитывается площадь эродированных и эрозионно-опасных земель ($S_{ээ} = 39.4 \text{ км}^2$), масса смыва с га за год ($P_{э} = 2.6 \text{ т/га в год}$), доля содержания в грунте ($q = 1000 \text{ кг/т}$) и доля выноса продуктов эрозии почвы за пределы водосбора, зависящая от густоты овражно-балочной сети ($Y_{в} = 0.03$) и полученная масса выноса взвешенных веществ с полей составила $M_{ээ,взв} = S_{ээ}P_{э}qY_{в} = 307 \text{ т/год}$. Рассеянный сток загрязняющих веществ с ТЭЦ №2 г. Санкт-Петербурга оценивается по схеме расчета стока с промышленно-урбанизированных территорий. Площадь территории ТЭЦ № 2 равна 0.55 км^2 . Учитывая, что слой осадков за теплый период года (апрель–октябрь) составляет $X_{д} = 420 \text{ мм}$, а за холодный (ноябрь–март) – $X_{д} = 200 \text{ мм}$, то рассчитывается объем стока дождевых и талых вод: $W_{д} = 2.5 X_{д}K_{q}K_{вн} = 327 \text{ м}^3/\text{га год}$, $W_{т} = X_{т}K_{т}K_{в} = 1120 \text{ м}^3/\text{га год}$, где $K_{q} = 0.78$ – коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от расчетной интенсивности дождя при расчетной продолжительности 20 мин., 1 % повторяемости; $K_{вн} = 0.4$ коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока в зависимости от относительной площади водонепроницаемых покрытий; $K_{т} = 0.56$ – учитывает объем стока талых вод в

зависимости от условий снеготаяния; $K_v = 10$ – учитывает вывоз снега с территории природопользователя. Объем поливо-моечных вод принят равным 0, так как сведения по нему отсутствуют. Таким образом, суммарный объем стока с территории ТЭЦ №2 составляет 79585 м³/год. Имеются рекомендованные концентрации загрязняющих веществ в стоке с территории ТЭЦ, работающих на угле, по которым можно определить массы поллютантов, попадающих в реку с рассеянным стоком с ТЭЦ №2.

Таблица 7.2.1 – Определение масс поллютантов, попадающих в р.

Оккервиль с диффузным стоком с территории ТЭЦ №2 г.
Санкт-Петербург за год

Загрязняющее вещество	Взв. в-ва	Нефть	Фенолы	Р
Концентрация в поверхностном стоке, мг/л	6000	55.0	0.02	4.0
Масса поллютанта, кг	478000	4380	1.43	31

При экологическом нормировании нужны значения масс поллютантов диффузного происхождения для веществ имеющих высокие относительные концентрации, рассчитанные для масс, поступающих со сточными водами. Из полученных значений для р. Оккервиль это взвешенные вещества и нефтепродукты. Для контрольного створа в устье масса взвешенных веществ, поступающих в реку с диффузным стоком, составляет 785 т/год, а для створа расположенного выше сброса промывных вод Северной водопроводной станции на расстоянии 12.8 км от истока (пост у д. Кудрово) – 307 т/год. Для устьевого створа также имеются нефтепродукты диффузного происхождения, массой равной 4.38 т/год.

7.3 «Природный» фон загрязнения

Одним из самых существенных недостатков применения на практике, существующей на сегодняшний день методики нормирования, является принятие для всей страны единых ПДК. Некорректность такого подхода наиболее заметна в пределах геохимических провинций с повышенным содержанием какого-то вещества. Здесь происходит несправедливое завышение или занижение требований к водопользователю.

Более совершенными в этом плане является подход, применяемый в Норвегии и Швеции, где контрольный базовый уровень при расчете загрязнения водного объекта устанавливается по фоновым уровням концентраций. Фоновый уровень концентраций устанавливают так же, как предложено в методике СФ ВНИИприроды – по данным химанализа наименее затронутого антропогенным загрязнением («эталонного») водоема или водотока в данном регионе [8, с 126– 133].

Положение о необходимости учитывать природные особенности при установлении нормативов качества окружающей среды имеется в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [2, ст. 21, п. 3 и статья 22, п.2].

Надо указать, что установление единого для района «природного» фона по наиболее чистому водному объекту может приводить к значительным погрешностям, так как здесь отсутствует учет азональных факторов (заболоченности, залесенности водосбора и т.д.). Азональные факторы, несомненно, играют большую роль в формировании химического состава поверхностных водотоков, особенно относящихся к категории малых рек.

Несмотря на указанный недостаток, подобный подход к определению «природного» фона загрязнения водотоков сейчас является единственным реально возможным, так как еще не разработана методика количественной оценки «природного» фона загрязнения по связям с физико-географическими

факторами.

При определении «природного» фона загрязнения малой реки, прежде всего, следует определить границы однородного с гидролого-экологической точки зрения региона и выявить самую чистую по гидрохимическим показателям реку в пределах этого региона. По этой реке и следует принять для данного региона естественный гидрохимический режим. В данной работе в один однородный по природным условиям регион с водосбором р. Оккервиль можно объединить водосбор поста у д. Новое Девяткино на р. Охта. При анализе основных характеристик водосборов видно, что они имеют:

- близкое географическое расположение и ландшафт (по картам);
- близкие значения высоты водосборов, показателей озерности, залесенности, заболоченности (см. расчет годового стока);
- схожие геологические условия;
- одинаковые климатические характеристики;
- один тип внутригодового распределения жидкого стока (большое значение коэффициента корреляции среднемесячных модулей стока).

Так как для р. Охта у д. Новое Девяткино имеется довольно длинный ряд гидрохимических наблюдений и водосбор ее подвергается сравнительно небольшой антропогенной нагрузке, то этот пункт можно использовать в качестве аналога для определения «природного» фона загрязнения р. Оккервиль.

При экологическом нормировании, прежде всего, требуется определить фоновые концентрации тех веществ, относительные концентрации которых в сточных водах наиболее высоки, включая **БПК₅**. Относительные концентрации вычисляются как $C_{i, \text{вып}, T} / ПДК_i$, где $C_{i, \text{вып}, T}$ - отношение массы загрязнителя, сбрасываемого в реку к норме расхода в ней за рассматриваемый интервал времени. Для р. Оккервиль в устье и у д. Кудрово это алюминий, железо, БПК₅, взвешенные вещества, марганец,

нефтепродукты, аммонийный азот, нитриты, медь, цинк и ртуть. Из этого перечня у д. Новое Девяткино на р. Охта проводились регулярные измерения концентраций железа, нитритов и взвешенных веществ. По остальным веществам наблюдения проводились в устье р. Охта (приложение 5, таблицы 1,2). Площадь водосбора устья р. Охта в 2 раза больше, чем у поста у д. Новое Девяткино и включает в себя сильно урбанизированную территорию, кроме того существует возможность того, что измерения проводились во время нагонов из р. Нева, поэтому получаемые по данным устьевого поста значения требуют отдельной оценки.

При определении фоновых концентраций в створах р.Охта - д. Новое Девяткино и р.Охта – устье частично использовалась методика описанная в РД по расчету фоновых концентраций в воде водотоков [9]. Согласно этому РД: «За фоновую концентрацию вещества $C^*ф$ принимается статистически обоснованная верхняя доверительная граница возможных средних значений концентраций этого вещества, рассчитанная по результатам гидрохимических наблюдений для наиболее неблагоприятных гидрологических условий или наиболее неблагоприятного в отношении качества воды периода (сезона) в годовом цикле» (9, п. 3.3).

По данным наблюдений у д. Новое Девяткино удастся построить графическую зависимость концентрации железа в воде р. Охта от ее водности (приложение 5, рисунок 1). Проводя анализ разброса измеренных значений концентраций железа видно, что наиболее значителен он при малых расходах воды. Период с 1961 по 1969 г., когда на посту проводились измерения концентраций железа, включает в себя, как один из самых многоводных годов (1962 г.) с самым высоким половодьем за 47 лет наблюдений, так и один из самых маловодных годов (1964 г.) с очень низким половодьем. Наиболее сильно от общей группы отклонились точки 1962 г. Значения расходов в период половодья (март–апрель), а также в феврале, мае и даже ноябре и октябре не очень влияют на разброс концентраций. Наиболее важными здесь

являются три летних месяца. Именно июнь, июль и август, месяца лимитирующего по водности сезона, приводят к значительному разбросу значений $C[Fe]$ в области малых расходов. Возможно, это свойственно и для сентября, по которому данных нет.

Подобные зависимости концентраций аммонийного азота и БПК₅ от водности р. Охта строятся для поста в устье (приложение 5, рисунки 2,3). Разброс концентраций при малых значениях расходов воды здесь также велик, однако возможно проследить и построить графическую зависимость.

Для железа, аммонийного азота и БПК₅ значения фоновых концентраций в р. Охта можно определить следующим образом:

1. принимая обоснованное выше предположение о том, что обеспеченности стока за продолжительный период времени для рек однородного района близки и используя установленное выше уравнение связи среднемесячных модулей стока на р. Оккервиль и р. Охта, по минимальному среднемесячному модулю стока р. Оккервиль в год 95% обеспеченности определить минимальный среднемесячный модуль стока р. Охта в год той же водности;

2. по минимальным среднемесячным расходам воды р. Охта года 95% обеспеченности с графиков снять концентрации веществ, «для наиболее неблагоприятных гидрологических условий или наиболее неблагоприятного в отношении качества воды периода (сезона) в годовом цикле».

Рассчитанное значение минимального среднемесячного расхода воды р. Охта в год 95% обеспеченности у д. Новое Девяткино – 0.48 м³/с, в устье – 1.07 м³/с. Соответствующие этим расходам проведен расчет фоновых концентрации в р. Охта (с учетом поправок, учитывающих возможную погрешность определения фоновых концентраций по уравнению регрессии), который приведен в таблице Б.4:

Таблица 7.3.1 - Расчет фоновых концентраций железа, аммонийного азота и

БПК₅ в воде р. Охта у д. Новое Девяткино и в устье

Параметр	Значение параметров		
	C[Fe _{общ}], мг/л	C[N _{НН4}], мг/л	БПК ₅ , мгО ₂ /л
C'ф по уравнению регрессии	1.74	4.20	10.5
n, число членов ряда	46.0	21.0	24.0
S _{св} , СКО поверочных расчетов	0.59	1.53	7.85
σ, СКО анализируемого ряда концентраций	0.66	1.74	7.78
S _{св} /σ	0.89	0.88	1.01
r, коэффициент корреляции линеаризованной связи C _{изм} и Q	0.51	0.43	0.33
S(C' _ф), возможная погрешность C' _ф	0.17	0.71	3.2
C*ф, фоновая концентрация	1.91	4.91	13.7

В таблице 7.3.1 также приведены рассчитанные значения коэффициента корреляции линеаризованной связи C_{изм} и Q, а также отношения СКО поверочных расчетов к СКО анализируемого ряда концентраций. Данные параметры являются рекомендованными РД 52.24.622-2001 критериями оценки качества статистических связей. Сравнивая их полученные величины с допустимыми, устанавливаем, что используемые для расчета фона связи являются неудовлетворительными, а рассчитанный по ним фон не обладает достаточной точностью.

В данном случае для железа, аммонийного азота и БПК₅, а также остальных веществ, относительные концентрации которых в сточных водах высоки, построить четкую зависимость концентрации от водности, для которых не удастся, РД рекомендует иную схему определения фона. Не получается однозначно определить у д. Новое Девяткино связь с водностью концентраций взвешенных наносов и нитритов, а в устье марганца и алюминия.

Последовательность расчета следующая:

а) измеренные концентрации объединяются в группы с учетом возможных версий характерной внутригодовой периодичности (сезонности) изменения концентраций вещества;

2. Из каждого выделенного периода (сезона) исключаются неподставительные экстремальные значения;

3. Затем в каждом выделенном периоде (сезоне) рассчитывают средние значения концентраций веществ;

4. Период (сезон) с наибольшей средней концентрацией вещества принимают в рассматриваемой версии за основной (опорный). Если концентрации вещества в этом периоде существенно отличаются от концентраций в остальных периодах (сезонах), то верхнюю доверительную границу средней концентрации вещества в основном периоде (сезоне) принимают за предварительно рассчитанную фоновую концентрацию вещества $C_{ф(предв.)}^*$ в данной версии. За искомое значение фоновой концентрации вещества $C_{ф}^*$ принимают наибольшее из предварительно рассчитанных значений фоновой концентрации вещества. Если в рассматриваемой версии данные в основном периоде (сезоне) отличаются от данных в одном или нескольких периодах (сезонах) несущественно, то их объединение и расчет $C_{ф(предв.)}^*$ выполняют по объединенным данным.

Таблица 7.3.2 – Расчет фоновых концентраций загрязняющих веществ в р.

Охта

Период	Весна	Лето	Осень- зима	Весна	Лето	Осень- зима	Весна	Лето	Осень
Поллютант	C[Fe]			C[Mn]*10 ⁻³			C[Нефтепродукты]		
I	3.65	1.93	1.18	1.32	2.00	2.38	3.46	3.74	3.45
II	1.44	1.52	1.55	1.15	0.55	0.68	0.49	0.31	0.55
I _H	2.64	2.29	2.11	1.46	1.67	1.94	2.41	2.41	2.41
средняя	1.06	1.73	1.11	11.3	1.60	18.6	0.78	0.21	0.35

фоновая	1.73	18.6	0.69
---------	------	------	------

Период	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
Поллютант	C _[ннн]				C[БПК ₅]			
Г'	2.30	2.58	2.46	1.07	2.00	2.84	1.99	0.81
Г''	1.44	0.80	1.13	1.15	1.94	0.95	1.42	1.41
I _н	2.48	2.37	2.44	1.46	2.44	2.44	2.50	1.15
средняя	2.15	1.81	1.65	4.2	8.19	8.2	7.51	19.5
фоновая	4.18				19.5			

При расчете фоновых концентраций в данной работе принята одна версия внутригодового изменения концентраций, согласно которой в году выделено четыре периода календарно совпадающих весной, летом, осенью и зимой. Для общего железа и марганца выделение зимы в отдельный период невозможно, так как невозможно для этого периода соблюсти обязательное условие, чтобы в периоде было не менее трех измерений, поэтому для этих веществ осень и зима были объединены в единый период. Расчет фона приведен в таблице Б.5.

Установление непредставительных экстремальных значений для каждого периода произведено с помощью критериев Г' и Г'', которые сравнивались с допустимым значением I_н. После этого, для периодов определялись средние концентрации и выбирался основной период. Для железа, марганца, аммонийного азота и БПК₅ основным периодом оказались лето или зима, то есть периоды с низкой водностью, а для нефтепродуктов основной период составной из зимы и весны. Это объясняется тем, что основной источник поступления нефтепродуктов в реку - поверхностный смыв с водосбора. Таким образом, рассчитанная концентрация нефтепродуктов в р. Охта является фоновой для створа в устье, но не может быть названа «природным» фоном. При оценке «природного» фона для

района р. Оккервиль концентрация нефтепродуктов принимается равной нулю, так как не допускается их наличие в природных водах в величинах сравнимых с измеряемыми. Данное утверждение является допущением.

Аналогичный приведенному в таблице 7.5, расчет выполнен и для взвешенных веществ и представлен в табл. 7.6. Учитывая, что измерения концентраций взвешенных веществ в водах р. Охта у д. Новое Девяткино производились практически ежемесячно, то данные измерений сводятся в градации по месяцам.

Таблица 7.3.3 – Расчет фоновых концентраций взвешенных веществ в р. Охте

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Средн. Концентрация	18.8	14.3	24.8	60.0	22.3	20.2	27.0	20.2	17.0
Фоновая	60.0								

Как видно из таблицы Б.6, при расчете фоновой концентрации взвешенных веществ за основной месяц берется апрель, что неудивительно, так как взвешенные вещества в основном поступают в реку с поверхностным стоком на подъеме половодья.

Для остальных веществ, имеющих большие относительные концентрации в сточных водах, сбрасываемых в р. Оккервиль, натуральных данных либо недостаточно для расчета по изложенной выше методике РД 52.24.622-2001, либо совсем нет. Для случаев, когда данные все-таки есть, за фон принята средняя концентрация из измеренных, которая составила: для алюминия – 0.01 мг/л, для меди – 0.0059 мг/л, для нитритов – 0.116 мг/л.

Значения среднегодовых концентраций рассчитанные для железа, нитритов и взвешенных веществ у д. Новое Девяткино принимаются в качестве «природного» фона для р. Оккервиль. Оценка приемлемости полученных для устья р. Охта значений производится сравнением их с результатами измерения концентраций веществ в воде р. Оккервиль 05 июня 1987 г. (0.07 км от устья). В ходе измерения были получены значения $C[Mn] =$

635 мкг/л, БПК₅ = 8.10 мг/л, С[NH₄] = 0.7 мг/л. Измеренная концентрация марганца более чем в 30 раз превышает рассчитанную среднюю для р. Охта следовательно, последняя подходит для принятия ее как «природной». То, что рассчитанные концентрации аммонийного азота и БПК₅ превышают измеренные, вызывает сомнение в возможности приравнивания их к фоновой, хотя это и можно объяснить тем, что для них установлен резкий разброс концентраций при малой водности, а измерение проводилось в межень.

Дополнительно нужно обратить внимание на концентрации тяжелых металлов в донных осадках р. Охта и р. Оккервиль, приведенные в [10, с 68]. Донные отложения очень хорошо характеризуют качество воды водного объекта, наличие в его воде больших концентраций тяжелых металлов. Донные отложения р. Охта в устье содержат в 4 раза больше меди, чем донные отложения р. Оккервиль. Это говорит о том, что рассчитанная концентрация меди в воде р. Охта не может быть принята в качестве фоновой для р. Оккервиль.

Также можно оценить правильность полученных естественных концентраций можно, сравнив их с ПДК. Рассматриваемая территория носит название «железисто-марганцевой провинции» и для нее нормальным является превышение ПДК по железу и марганцу. Также для данного региона характерны высокие концентрации алюминия. Большое значение нитритов и взвешенных частиц в значительной мере вызвано проводимой на водосборе р. Охта у д. Новое Девяткино сельскохозяйственной деятельностью. Для выделения «природного» фона взвешенных частиц необходимо из полученного значения фона вычесть диффузное загрязнение водосбора р. Охта. Расчет диффузного загрязнения проводится по Методическим указаниям по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты [7]. Площадь, покрытая полями, для водосбора у д. Новое Девяткино составляет 109 км². Полученный смыв взвешенных веществ в р. Охта составляет 850 т/год. По рассчитанным в таблице

Б.бсреднемесячным концентрациям взвешенных частиц в р. Охта можно установить, что в среднем за основной месяц (апрель) в реке проходит 21.5 % годового объема взвешенных веществ. Зная это, определяем, что в среднем диффузный сток за апрель составляет 183 тонны. Среднегодовой расход воды в створе д. Новое Девяткино за апрель равен $12.5 \text{ м}^3/\text{с}$. Установленная выше суммарная масса стока «природных» и диффузных взвешенных веществ за апрель составляет 1950 тонн. Вычитая из суммы диффузную массу и переходя через расход воды к средней концентрации за апрель, получаем, что «природная» фоновая концентрация взвешенных веществ равна 54.5 мг/л.

Из проведенного анализа видно, что принять в качестве «природного» фона можно только рассчитанные концентрации алюминия, железа, взвешенных веществ, марганца и нефтепродуктов. Все остальные полученные фоновые концентрации вызывают сомнения в возможности принять их в этом качестве. В связи с отсутствием по веществам с не установленным фоном данных по наблюдениям на других водотоках – аналогах р. Оккервиль, в качестве аналога для определения «природного» фона взят гидрохимический створ в истоке р. Нева (0.1 км выше о. Орешек). По данным ГУ «Санкт-Петербургский Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» фоновые концентрации в этом створе, рассчитанные в соответствии с РД 52.24.622-2001 равны: БПК₅ – 2.8 мг/л, аммонийный азот – 0.15 мг/л, нитриты – 0.033 мг/л, медь – 10.1 мкг/л, цинк – 60.8 мкг/л. Эти концентрации по большинству приведенных веществ значительно ниже (на порядок) рассчитанных по р. Охта, поэтому проанализировав их можно принять в качестве природного фона для р. Оккервиль.

По БПК₅, взвешенным веществам, общему железу, меди и цинку полученные концентрации «природного» фона загрязняющих веществ превышают ПДК.

8 НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ Р. ОККЕРВИЛЬ

Примененная в данном случае, для нормирования водоотведения в р. Оккервиль, методика основывается на комплексной оценке допустимой нагрузки на различных участках водотока-приемника сточных вод.

Методику следует применять для малых водотоков, в которые имеется один или несколько значительных выпусков сточных вод, резко ухудшающих экологическое состояние в водном объекте ниже выпусков.

Для начала, на водотоке выделяется несколько участков, значительно различающихся по экологическому состоянию и уровню антропогенной нагрузки. Границы между участками устанавливаются по наиболее крупным источникам загрязнения вод (выпускам), резко увеличивающим концентрации загрязняющих веществ в водотоке ниже по течению. Согласно такому подходу р. Оккервиль разделена на два участка: один – от истока до сброса промывных вод с Северной водопроводной станции, другой – от места сброса до устья.

Подход к нормированию, основанный на установлении различных предельно допустимых сбросов (ПДС) для участков водотока подвергающихся резко различной антропогенной нагрузке имеет ряд существенных достоинств. Во-первых, он позволяет контролировать сбросы загрязняющих веществ на участках реки, исходя из конкретного качества вод на этих участках. Во-вторых, понятно, что на более «чистых» участках реки должна быть установлена более жесткая система ПДС, чем на «грязных». Один и тот же сброс загрязненных вод в верховьях р. Оккервиль или ниже сброса промывных вод с Северной водопроводной станции окажет совершенно различное воздействие на экологическое состояние в водотоке, хотя бы по той причине, что нижний участок все равно не пригоден для основных видов водопользования.

Экологическое нормирование качества воды р. Оккервиль для каждого из участков производится для своего контрольного створа, расположенного на нижней границе участка. То есть выбранный для нормирования на верхнем участке контрольный створ располагается у д. Кудрово в 12.8 км от истока, а для нормирования на нижнем участке – в устье.

Для обоих створов определение допустимых сбросов производится для водности реки равной среднемноголетнему расходу воды и минимальному среднему месячному расходу лимитирующего сезона за маловодный год (95% обеспеченности) с учетом сточных вод.

В соответствии с законодательными и методическими документами общепринятой водностью реки-водоприемника с незарегулированным режимом при нормировании принят наименьший (минимальный) среднемесячный расход воды года 95% обеспеченности. Поэтому рассчитанные по этой водности нормативы предельно допустимых сбросов следует принять основными. Расчет по среднемноголетнему расходу произведен, с целью оценки возможности производить нормирование при этой водности, так как выбор для нормирования в качестве наиболее неблагоприятных расчетных гидрологических условий минимального среднемесячного расхода года 95% обеспеченности является очень спорным.

Сначала оцениваются изв р. Оккервиль без учета сточных вод, то есть только для поллютантов природного и диффузного происхождения, и суммарное ИЗВ с учетом сточных вод. ИЗВ рассчитывается для загрязняющих веществ, имеющих максимальные значения относительных концентраций для масс, поступивших со сточными водами. Для устья, при естественном расходе воды равном годовой норме $ИЗВ_{ф+диф} = 4.0$ и $ИЗВ_{\Sigma} = 44.0$, а при минимальном среднемесячном расходе года 95% обеспеченности $ИЗВ_{ф+диф} = 4.1$ и $ИЗВ_{\Sigma} = 72.5$. Таким образом, в устьевом створе наилучший возможный класс качества воды р. Оккервиль, рассчитанный по поллютантам имеющим максимальные относительные концентрации – это грязные воды на грани с загрязненными.

Сейчас класс качества вод р. Оккервиль в устье – чрезвычайно грязные воды. Для контрольного створа у д. Кудрово при годовой норме расхода воды $ИЗВ_{ф+диф} = 3.4$ и $ИЗВ_{\Sigma} = 3.6$, а при расходе равном минимальному среднемесячному года 95% обеспеченности – $ИЗВ_{ф+диф} = 3.4$ и $ИЗВ_{\Sigma} = 5.2$. Наилучший класс качества вод р. Оккервиль, которого можно добиться у д. Кудрово – это загрязненные воды. Сейчас при естественном расходе в реке равном норме сточные воды несильно увеличивают значение изв и не меняют класс качества вод р. Оккервиль у д. Кудрово, однако, при расходе равном минимальному среднемесячному маловодного года воды реки можно отнести к чрезвычайно грязным, на грани с очень грязными. Сопоставление значений $ИЗВ_{ф+диф}$ и $ИЗВ_{\Sigma}$ в контрольных створах для года средней водности и лимитирующего месяца маловодного года показывает острую необходимость и большой потенциал для улучшения качества вод р. Оккервиль через нормирование сбросов поллютантов стационарными выпусками. Нет необходимости сокращать сбросы лишь выше д. Кудрово в средний по водности год, так как здесь концентрации всех поллютантов $C_{i, вып}$ находятся в пределах ПДК.

Применяемая методика нормирования основывается на использовании ПДК загрязняющих веществ поступающих через стационарные выпуски. Использование рыбохозяйственных ПДК имеет ряд существенных недостатков, подробно разобранных в [8]. Одним из принципиальных недостатков ориентирования на ПДК является недоучет природных особенностей района, в котором находится река. Именно на эти природные условия ориентирована в ходе многолетнего развития экосистема водотока. Однако, как было видно выше, при установлении «природного» фона встречается ряд сложностей, и, кроме того, несомненно, что концентрации веществ в воде сильно зависят от локальных естественных факторов (к примеру, заболоченности водотока). С учетом этого, «природный» фон хоть в теории и является более репрезентативной величиной для нормирования

сбросов в водоток, но практически он пока определяется с большими погрешностями. Поэтому ничего другого не остается, кроме как ориентироваться на разработанные для всей страны единые ПДК. По крайней мере, такой подход позволяет избежать субъективности и больших ошибок, неизбежных при определении «природного» фона.

Нормирование сбросов выше д. Кудрово при норме расхода осуществляется следующим образом: так как ни для одного из сбрасываемых поллютантов относительные концентрации не превышают единицы, то концентрации остаются теми же.

Процедура нормирования при превышении относительными концентрациями единицы может производиться в рамках двух вариантов. Выбор варианта производится в зависимости от разброса относительных концентраций $C_{i, \text{вып}} / \text{ПДК}_i$, превышающих единицу. Эти значения относительных концентраций уже рассчитаны в таблицах Б.1 и Б.2. Вычислив для них среднее значение z и диапазон Δz , в котором они меняются, находится отношение $\Delta z / z$, определяется вариант, по которому осуществляется нормирование и, в соответствии с вариантом, допустимые концентрации.

Для нормирования сбросов на верхнем участке р. Оккервиль при расходе воды равном минимальному среднемесячному расходу маловодного года значение $z = 2,06$, $\Delta z = 1,40$ и $\Delta z / z = 0.67$, что меньше единицы и нормирование проводится по второму варианту, то есть для всех веществ, относительные концентрации по которым превышают единицу допустимая концентрация принимается равной ПДК.

Таблица 8.1 - Определение допустимых концентраций и масс значимых поллютантов, сбрасываемых выше д. Кудрово через стационарные выпуски по минимальному среднемесячному расходу года 95 % обеспеченности.

Поллютант	БПК ₅	Нефть	N(NH ₄)	
ПДК(мг/л) – рыбхоз.	2.00	0.05	0.40	
Допустимая концентрация, C _{i,вып} ,/мг/л	2.00	0.05	0.40	
Допустимая масса m* _{i,вып} ,кг	4920	123	984	

Для расположенного ниже сброса промывных вод участка нормирование производится для контрольного створа в устье. Массу загрязненных веществ поступающих к контрольному створу можно разделить на массу, сбрасываемую непосредственно на нижнем участке (ниже д. Кудрово) и массу, сбрасываемую на расположенном выше участке (от истока до д. Кудрово). Последняя принимается равной допустимой массе сбросов рассчитанной для верхнего участка.

Для устьевого створа в год средней водности $z = 25.4$, $\Delta z = 213.9$ и $\Delta z/z = 8.4$, что больше единицы, а, следовательно, нормирование проводится по первому варианту. Число загрязняющих веществ с относительными концентрациями больше единицы $n = 10$, сумма этих относительных концентраций $k = 253.77$ и отношение $n/k = 0.039$. В таблицах В.2 и В.3 производится определение допустимых концентраций наиболее значимых поллютантов, которые могут быть допущены в контрольном створе второго участка.

Таблица 8.2-Определение допустимых концентраций значимых поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски по годовой норме расхода в устье

Поллютант	БПК ₅	Нефть	Взв. в-ва	АІ	N(NH ₄)	Fe	Марганец
C _{i,вып} *n/k	0.36	0.01	3.33	0.34	0.03	0.05	0.001
ПДК(мг/л) -	2.00	0.05	21.3	0.04	0.40	0.10	0.01

рыб-хоз.							
Допустимая концентрация $C_{i,вып}$, МГ/Л	2.00	0.05	21.3	0.34	0.40	0.10	0.01

Так как для алюминия полученное значение $C_{i,вып} * n/k$ превышает ПДК, то оно и берется в качестве допустимой концентрации. Из допустимых концентраций можно получить допустимые массы сбрасываемых через стационарные выпуски поллютантов (за год).

Таблица 8.3 -Определение допустимых масс значимых поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски по годовой норме расхода в устье

Поллютант	БПК _{5,Т}	Нефть, Т	Взв. в-ва, т	Al, кг	N(NH4), кг	Fe, кг	Мгн
Общая допустимая масса	103	2.57	1092	17301	20562	5140	5
Масса, поступающая с верхнего участка	12.4	0.14	7.84	0.00	2947	282	0
Допустимая масса для нижнего участка $m_{i,вып}^*$	90.4	2.43	1084	17301	17615	4858	5

При принятии в качестве расчетной характеристики водности реки в устьевом створе минимального среднемесячного расхода воды года 95% обеспеченности нормирование также будет проводится по первому варианту, так как $\Delta z = 360.9$, $z = 43.06$, соотношение $\Delta z/z = 8.4$. Число загрязняющих веществ с относительными концентрациями больше единицы $n = 10$. Сумма этих относительных концентраций $k = 430.57$ и отношение $n/k = 0.023$.

Таблица 8.4 - Определение допустимых концентраций и масс значимых поллютантов, сбрасываемых через стационарные выпуски по минимальному среднемесячному расходу года 95 % обеспеченности в устье

Поллютант	БПК ₅	Нефть	Взв. в-ва	Al	N(NH ₄)	Fe	Марганец
$C_{i,вып}^* \text{п/к}$	0.36	0.01	3.34	0.34	0.03	0.05	0.05
ПДК(мг/л) - рыб-хоз.	2.00	0.05	21.25	0.04	0.40	0.10	0.10
Допустимая концентрация $C_{i,вып}, \text{мг/л}$	2.00	0.05	21.25	0.34	0.40	0.10	0.10
Общая допустимая масса, кг	60549	1514	643334	10203	12110	3027	3027
Масса, поступающая с верхнего участка, кг	4919.62	122.99	7840	0	983.92	36.23	36.23
Допустимая масса для нижнего участка $m_{i,вып}^*, \text{кг}$	55629.5	1390.7	635494	10203	11125.9	2991.2	2991.2

При расчете допустимая концентрация алюминия взята равной значению $C_{i,вып}^* \text{п/к}$, так как оно больше ПДК.

9 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ НОРМИРОВАНИЯ

Полученные допустимые массы сбросов загрязняющих веществ через стационарные выпуски, позволяют оценить, каким будет ИЗВ при нормировании сбросов.

При нормировании сбросов на участке выше д. Кудрово по расходу в контрольном створе на расстоянии 12.8 км от истока р. Оккервиль равному минимальному среднемесячному расходу маловодного года $ИЗВ^*_Σ$ будет равно 4.2, что позволит значительно приблизить воды реки от существующего качества ($ИЗВ_Σ = 5.2$) к фоновому ($ИЗВ_{ф+диф} = 3.4$).

В устье, при нормировании по минимальному среднемноголетнему расходу воды года 95% обеспеченности $ИЗВ^*_Σ = 6.2$. Значение ИЗВ уменьшится на порядок в сравнении с существующим ($ИЗВ_Σ = 72.5$), а по классу качества вод р. Оккервиль в устье перейдет из 7 в 6 класс. Учитывая, что даже при полном отсутствии сосредоточенных сбросов воды р. Оккервиль на нижнем участке относятся к пятому классу качества – грязные (в основном из-за высокого фонового значения концентрации в них железа – 17ПДК), то приведение реки к шестому классу на границе с пятым можно считать приемлемым, а результаты проведенного нормирования хорошими.

При нормировании по расходу, равному годовой норме расхода воды для контрольного створа в устье значение $ИЗВ^*_Σ = 6.1$. Так как нормирование на нижнем участке проводилось при различной водности р. Оккервиль, то необходимо определить, какие допустимые массы сбросов принимать. Если принять допустимые массы сбросов, рассчитанные по годовой норме расхода воды, и считая, что сброс будет равномерным в течение года, то при наступлении расхода воды в реке, равного минимальному среднемесячному года 95% обеспеченности, значение ИЗВ для створа в устье составит 7.7, при том, что при нормировании непосредственно по минимальному

среднемесячному расходу маловодного года составляет 6.2. Качество воды изменилось не сильно и, следовательно, можно сделать вывод, что для участков рек, выше которых объемы сбросов сточных вод значительны, в сравнении с естественным стоком реки, можно принять допустимые массы, рассчитанные по большей водности, чем минимальный среднемесячный расход года 95% обеспеченности.

Иначе обстоит дело при нормировании на участке выше д. Кудрово. Здесь, если в ходе нормирования по годовой норме расхода, принять для загрязняющих веществ, учитываемых в ИЗВ, ПДС равными ПДК, то при расходе в реке равном минимальному среднемесячному маловодного года ИЗВ изменится с 4.2 до 9.6, то есть воды р. Оккервиль изменятся до чрезвычайно грязных, а это неприемлемо. Поэтому при нормировании на участке выше контрольного створа у д. Кудрово правильно будет принять допустимые массы сбросов, рассчитанные по минимальному среднемесячному расходу воды года 95% обеспеченности.

Проведенное нормирование в целом должно привести к уменьшению показателя БПК₅ в сточных водах и масс, сбрасываемых с сосредоточенным стоком, на участке выше д. Кудрово: для БПК₅ на 60%, нефтепродуктов – 12%, аммонийного азота – 67%, общего железа – 13%, нитритов – 60%, а на участке ниже д. Кудрово: для БПК₅ на 88%, нефтепродуктов – 80%, взвешенных веществ – 86%, алюминия – 98%, аммонийного азота – 69%, общего железа – 96%, марганца – 82%, меди – 80%, ртути – 69%, цинка – 77%. На участке выше сброса промывных вод Северной водопроводной станцией уменьшение масс наиболее значимых поллютантов до установленных ПДС при проведении соответствующих мероприятий кажется реальным. Ниже сброса СВС уменьшение сбросов загрязняющих веществ до ПДС потребует очень больших средств и потому вряд ли возможно в ближайшее время. Особенно значительна необходимая доочистка сточных вод по алюминию и железу. Среди мероприятий, необходимых для приведения сбросов в р.

Оккервиль к установленным нормативам можно указать:

1. строительство очистных сооружений для очистки сточных вод с СВС. Строительство очистных сооружений потребует комплексной модернизации на СВС;

2. переключение промышленно-бытовых стоков в сеть городской канализации с последующим направлением их на городские очистные сооружения.

Проблема с высоким содержанием железа в сточных водах указывает на основной недостаток примененной методики: при расчете допустимых концентраций применяется ПДК и совсем не учитывается «природный» фон. Ведь если водопользователь забирает воду из поверхностных водотоков в этом же регионе, то при большем расходе сброса в сравнении с суммарным расходом реки получается, что он должен сбрасывать воду по некоторым поллютантам значительно чище, чем забирал. В данном случае так произошло с железом: средняя его концентрация в сточных водах должна составлять 0.11 мг/л, а региональный фон 1.73 мг/л. Видимо требуется дополнительно уточнить некоторые допустимые массы сбросов с учетом «природного» фона загрязнения.

В целом уменьшение масс основных загрязняющих веществ поступающих в р. Оккервиль с сосредоточенным сбросом до пределов определенных нормированием должно привести к заметному улучшению ее экологического состояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы были получены основные гидрологические и гидрохимические характеристики р. Оккервиль и с учетом их произведено нормирование водоотведения, позволяющее улучшить качество воды.

Была оконтурена и определена площадь водосбора р. Оккервиль, как с учетом городской территории, сток с которой осуществляется через канализационную сеть, так и без нее. Было произведено удлинение ряда гидрологических наблюдений методом парной корреляции между среднемесячными модулями стока р. Оккервиль и рек-аналогов. Предпринималась попытка использовать метод множественной корреляции. При удлинении ряда наблюдений на р. Оккервиль была применена методика, основанная на использовании единых для однородного района зависимостей стока за каждый восстанавливаемый год от стока за те годы, по которым имеются наблюдения на расчетной реке. Было произведено сравнение и оценка точности значений годового стока, восстановленных различными методами. Определены нормы естественного стока р. Оккервиль и построена соответствующая кривая обеспеченности годового стока. Определено внутригодовое распределение стока по месяцам для маловодной группы лет и вычислен минимальный среднемесячный расход воды года 95% обеспеченности. Построены графики изменения естественного и суммарного (с учетом сточных вод) среднемноголетнего расхода воды по длине реки.

Для водосбора р. Оккервиль был установлен однородный по природным условиям регион с водосбором поста у д. Новое Девяткино на р. Охта и определены величины «природного» фона загрязнения для наиболее значимых при нормировании поллютантов (алюминия, железа, БПК₅, взвешенных веществ, марганца, нефтепродуктов, аммонийного азота и нитритов). Также было оценено диффузное загрязнение и загрязнение

сточными водами.

Была произведена доработка методики нормирования водоотведения, предложенной СФ ВНИИприроды для малых водотоков, применительно к водотокам, имеющим один или более значительных выпусков, резко меняющих экологическое состояние ниже по течению.

Определен ИЗВ в двух контрольных створах (в устье и у д. Кудрово) при различной водности как с учетом масс поллютантов, поступающих как со сточными водами, так и без них. Для участков р. Оккервиль определены значения масс допустимых сбросов и произведена оценка ИЗВ при нормировании сбросов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Водный кодекс** Российской Федерации[Текст] по состоянию на 1 февраля 2016.–М.: Проспект, КноРус, 2016.–48 с.

2 **Об охране окружающей среды:** Федеральный закон от №
// КонсультантПлюс[Электронный элресурс].–Официальный сайт компании
«КонсультантПлюс».–М., 2015.–Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/

3 **Владимиров, А.М.** Гидрологические расчеты[Текст] / А.М. Владимирова.–Л.: Гидрометеиздат, 1990.–365 с.

4 **Пособие** по определению расчетных гидрологических характеристик[Текст] / Под ред. А.В. Рождественского и А.Г. Лобановой; Гос. гидролог. ин-т.–Л.: Гидрометеиздат, 1984.–448 с.

5 Методические рекомендации по разработке нормативов качества воды малых водотоков[Текст] / Гос. гидролог. ин-т.–СПб., 2002.–26с.

6 Руководство по гидрологическим прогнозам[Текст]. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ / ГИЦ.–Л.: Гидрометеиздат, 1989.–356 с.

7 Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты[Текст]: утв. Госкомэкологией РФ 29.12.1998.–М.: Госкомэкология. 1998.–16 с.

8 Пономарева, Л.С. О нормативах предельно допустимых концентраций веществ в природных водах и их применении в современных условиях[Текст] / Л.С. Пономарева // Использование и охрана природных ресурсов в России: бюллетень.–2003.–№9.–10 с.

9 Методические указания расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков[Текст]: РД 52.24.622–2001: утв. Федеральной службой России по гидрометеорологии и

мониторингу окруж.среды 01.01.2001 : ввод в действие 01.01.2002.–М., 2001.–162 с.

10 Водные объекты Санкт-Петербурга[Текст] / Под ред. д.ф.-мат.н. С.А.Кондратьева и д.х.н. Г.Т.Фрумина.–СПб., 2002.–348 с.

11 Гидрологический ежегодник [Текст]. 1961 г. Т. 1. Бассейн Балтийского моря. Вып. 0 – 3. Бассейн Финского и Рижского заливов от государственной границы с Финляндией до северного водораздела р.Салаца / Под ред. Р.М. Урываева и Т.Е. Эйпре.–Л.: Гидрометеиздат, 1963.

-1967.1969,1975-1977.1980. - Д.

17 Основные гидрологические характеристики[Текст]. Т 2. Карелия и Северо-Запад / ????. –Л.: Гидрометеиздат, 1978.

1. Ресурсы поверхностных вод. Т 2. часть 1,2. - Л.: Гидрометеиздат 1972.

2. Гидрохимические ежегодники. 1972-1979. 1982,1984- 1986гг.

19 Владимиров, А.М. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам[Текст] /А.М. Владимиров, В.С.Дружинин.– СПб.: Гидрометеиздат, 1992.–208с.

3. Владимиров А.М.. Орлов В.Г., Сакович В.М. Экологические аспекты использования и охраны водных ресурсов (вод суши)[Текст]:учеб. пособие/ ????. - СПб., Изд. РГГМИ, 1997. - 125с.

4. Временные методические рекомендации по расчету предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты со сточными водами. - Л. 1990. - 47с.

