

УДК 628.3

DOI: 10.15393/j2.art.2014.3021

Статья

Совершенствование балансной схемы водопотребления деревообрабатывающего предприятия

Елена О. Графова^{1*}, Полина Г. Гольденберг², Мария И. Зайцева¹

¹ Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина 33, 185910, Петрозаводск, Россия; e-mail: jethel@rambler.ru (Г. Е. О.); 2003bk@bk.ru (З. М. И.) Tel.: +7(911) 4053098.

² Управление Росприроднадзора по Республике Карелия, Петрозаводск, Россия; e-mail: goldenber2008@inbox.ru (Г. П. Г.);

* Автор, с которым следует вести переписку; e-mail: jethel@rambler.ru; Tel.: +7(911)4053098.

Получена: 10 ноября 2014 / Принята: 26 ноября 2014 / Опубликовано: 25 декабря 2014

Аннотация: Одним из определяющих факторов ресурсосбережения крупного предприятия является баланс водоснабжения и водоотведения. На разных этапах производства требуется применение воды разного качества. Не менее строгие требования предъявляются при спуске производственных стоков. При наличии у предприятия собственного выпуска стоков в водный объект, недостаточно очищенные сточные воды могут оказывать негативное влияние на водоем. Плата за сброс неочищенных стоков может многократно превышать прибыль самого предприятия. Анализ производственных процессов и совершенствование схемы водоотведения позволяют снизить негативную нагрузку на водоем. Приведен пример расчета размера вреда причиненному Онежскому озеру. Стоимость строительства системы доочистки составляет 25 % от размера штрафных санкций природоохранных служб за сброс недостаточно очищенных стоков.

Ключевые слова: нормативно-правовое регулирование, расчета размера вреда, фенолы, оборотная система, охрана озер, водный баланс предприятия.

DOI: 10.15393/j2.art.2014.3021

Article

Improving water consumption balanced scheme of the timber company

Elena O. Grafova¹, Polina G. Goldenberg², Maria I. Zaitseva¹

¹ Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia;
e-mail: jethel@rambler.ru (G. E. O.); 2003bk@bk.ru (Z. M. I.)
Tel.: +7(911) 4053098

² Russian nature control department the Republic of Karelia, Dzerzhinskogo 9, 185910 Petrozavodsk, Russia; e-mail: goldenberg2008@inbox.ru (G. P. G.);

* Author to whom correspondence should be addressed; e-mail: jethel@rambler.ru (G. E. O.)
Tel.: +7(911)4053098.

Received: 10 November 2014 / Accepted: 26 November 2014 / Published: 25 December 2014

Abstract: The balance of water supply and sanitation is one of the determining factors of a large enterprise resource saving. Water with different quality is required at different stages of production. The requirements of industrial effluents are also strict. Insufficiently treated wastewater can have a negative impact on the reservoir if the entity has own release of effluents into reservoir. The fee for the discharge of untreated sewage can repeatedly exceed the profits of the enterprise. Analysis of manufacturing processes and improving drainage scheme can reduce the negative load on the pond. An example of calculating the amount of damage caused by Lake Onega. The cost of construction of additional cleaning is 25% the size of the penalties of environmental services for the discharge of inadequately treated sewage.

Keywords: balance of water supply, sewage, wastewater, insufficiently treated wastewater, negative impact, Lake Onega.

1. Введение

Одним из определяющих факторов ресурсосбережения крупного предприятия является баланс водоснабжения и водоотведения. В Республике Карелия насчитывается около 400 предприятий, использующих поверхностные водные объекты Карелии. Хозяйственная деятельность предприятий довольно водоемка [1, 3, 7]. На разных этапах производства требуется применение воды разного качества. Не менее строгие требования предъявляются при спуске производственных стоков. При наличии у предприятия собственного выпуска стоков в водный объект, недостаточно очищенные сточные воды могут оказывать негативное влияние на водоем. В 2003 в Карелии году запущен завод по производству древесно-стружечных плит мощностью до 100 м³/сут. с цехом собственного производства синтетических смол. Промплощадка завода расположена на северо-восточном берегу Онежского озера. На территории предприятия предусмотрена система сбора дренажно-ливневых сточных вод. С момента ввода завода в эксплуатацию поверхностные сточные воды без очистки сбрасывались в Онежское озеро.

2. Материалы и методы

Согласно технологии, для производства ДСП в качестве связующего материала применяются фенольные смолы [2]. В процессе производства образуется древесная пыль. Газы могут оседать на поверхности пылинок и вместе с ними уноситься на определенные расстояния. В этом случае места пылевыделения могут стать одновременно и местами газовой выделения.

Источником выделения вредных веществ (аэрозоля, парообразных и газа) часто являются различные нагревательные устройства: сушила, нагревательные, обжиговые и плавильные печи и т. н. Вредные вещества в них образуются вследствие сгорания и термического разложения некоторых продуктов. Выделение их в воздух происходит через рабочие проемы этих печей и сушил, неплотности их кладки (прогары) и от удаляемого из них нагретого материала (высушенных изделий).

Некоторые парообразные и газообразные вещества, выделяясь в воздух и загрязняя его, сорбируются (впитываются) отдельными строительными материалами, такими, как древесина, штукатурка, кирпич и др. С течением времени такие стройматериалы насыщаются этими веществами и при определенных условиях (изменения температуры и др.) сами становятся источниками их выделения в воздушную среду — десорбции. Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации пара, распылении или разливе жидкостей, в результате химических или физических реакций. Конденсация пара происходит в результате охлаждения их окружающим атмосферным воздухом.

Таким образом, все образующиеся испарения могут конденсироваться и поступать вместе с дождем на землю. Кроме этого происходит смыв жидких загрязнений дождевыми водами, которые в последствии попадают в ливневую канализацию и далее в Онегу.

По результатам лабораторных измерений природоохранными службами Карелии в 2005 году зафиксировано содержание загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, превышающее предельно-допустимые концентрации (ПДК) в водоеме: по азоту аммонийному в 17 раз, нитритам в 4 раза, нефтепродуктам в 3 раза, железу в 30 раз, фенолам в 20 раз, формальдегиду в 50 раз.

После соответствующего предписания надзорного органа в конце 2006 года на предприятии построены и введены в эксплуатацию очистные сооружения ливневых стоков. По результатам работы сооружений отмечены снижения нагрузки на озеро, но незначительные. Коммунальное

хозяйство городов применяет схему очистки поверхностного стока, включающую: аккумулирующую емкость, пенополиуретановые или полистирольные фильтры и сорбционные фильтры, например, медленные песчаные фильтры, т.е. очистка осуществляется в три ступени. [8]

По проекту поверхностный сток поступает в резервуары-накопители и далее на блочно-модульные водоочистные комплексы «УКОС-Д-20», производительностью 40 м³/ч. Принцип очистки основан на процессе электрокоагуляции, электрофлотации и механического фильтрования через полимерную загрузку и адсорбции на активированном угле.

Несмотря на затраты предприятия на строительство очистных сооружений, качество очищаемой воды все еще не соответствовало качеству сброса в рыбохозяйственный водоем по тем же показателям.

За период с 2006 года по 2014 года предприятие неоднократно подвергалось административным наказаниям, а также возмещению вреда, причиненного Онежскому озеру [1].

Онежское озеро внесено в государственный Реестр водных объектов Российской Федерации, относится к бассейну Балтийского моря и является водным объектом рыбохозяйственного значения высшей категории водопользования. Для оценки вреда, причиненного окружающей среде сбросом загрязняющих веществ в Онегу произведён расчет суммы вреда на основании «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» от 30.03.2007 № 71, «Собрание законодательства РФ», 04.11.2006 № 46, ст. 4791:

$$Y = K_{вг} K_{дл} K_{в} K_{ин} \sum_{i=1}^n H_i M_i K_{из} \quad (1)$$

где Y - размер вреда, тыс. руб.; $K_{вг}$ - коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, 1,15; $K_{дл}$ - коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации, 5,0; $K_{в}$ - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), 2,10; $K_{ин}$ - коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, 1,0; M_i - масса сброшенного i -го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому ингредиенту загрязнения; H_i - таксы для исчисления размера вреда от сброса i -го вредного вещества в водные объекты; $K_{из}$ - коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия из вредных веществ на водный объект.

Масса сброшенного загрязняющего вещества в составе сточных вод определяется по каждому ингредиенту загрязнения:

$$M_i = Q (C_{фи} - C_{ди}) T * 10^{-6}, \text{ т} \quad (2)$$

Q – расход сточных вод с превышением содержания i -го вредного вещества определяется по приборам учета, а при их отсутствии – расчетным путем и составил:

$$Q = 9678 \text{ м}^3 : 2989 \text{ час.} = 3,2 \text{ м}^3/\text{час} \quad (3)$$

$$T = 2989 \text{ часов (с 11 часов 29.08.2007г. по 31.12.2007г.) (4 месяца)} \quad (4)$$

$C_{дi}$ – концентрация i – го вредного (загрязняющего) вещества в водоприемнике – Онежском озере равен 0, т.к. сброс ливневых сточных вод является несанкционированным.

Нормативы ПДК вредных веществ для Онежского озера приведены из [9]. Расчёт общей суммы размера вреда приведен в Таблице № 1:

Таблица № 1

Расчёт суммы размера вреда Онежскому озеру

Наименование загрязняющего вещества	$C_{ф}$, мг/л	$C_{дi}$, мг/л	$C_{ф}-C_{дi}$	Q , м ³ /ч	M_i , т	H_i	Размер вреда, Y_i , тыс. руб.
взвешенные вещества	8,1	1	7,1	3,2	0,08	45,0	36,9
БПК _{полн}	3,72	2,16	1,56	3,2	0,014	170,0	30,63
хлориды	7,42	2	5,42	3,2	0,051	6,0	3,75
сульфаты	7,7	7,7	0	3,2	0,000	6,0	0,00
фосфаты	0,01	0	0,01	3,2	0,0001	670,0	0,77
азот аммонийный	3,65	0,03	3,62	3,2	0,034	280,0	117,06
азот нитритов	0,078	0,002	0,076	3,2	0,0007	670,0	5,88
азот нитратов	0,265	0,19	0,075	3,2	0,0007	12,0	0,10
АПАВ	0,046	0	0,046	3,2	0,0004	510,0	2,71
нефтепродукты	0,042	0,01	0,032	3,2	0,0003	670,0	2,47
железо	0,204	0,03	0,174	3,2	0,0016	510,0	10,24
фенолы	0,0025	0,002	0,0005	3,2	0,0000	12100,0	0,7
метанол	0,145	0	0,145	3,2	0,0013	510,0	8,54
формальдегид	0,987	0	0,987	3,2	0,0094	510,0	58,13
ИТОГО							277,92

Таким образом, в соответствии с расчётом, сумма вреда, причинённого загрязнением водного объекта – Онежского озера, составляет 277,92 тысяч рублей за 4 месяца сброса недостаточно очищенных сточных вод.

Учитывая то, что сброс недостаточно очищенных сточных вод осуществлялся с января 2007 года по ноябрь 2014 года (95 месяцев) общий размер вреда за весь период составил 6600,60 тысяч рублей.

С учетом крупных штрафов и огромной негативной нагрузки на водоем возникла необходимость скорейшего проведения усовершенствования существующей системы очистки поверхностных стоков.

3. Результаты и обсуждения

Разработке технологических решений предшествовала работа по обследованию промплощадки, поиску вариантов снижения грязевой нагрузки и выполнению природоохранных мероприятий, нацеленных на снижение загрязнения территории предприятия.

Таким образом, проведены следующие природоохранные мероприятия:

1. Анализ процесса формирования загрязнений на предприятии, в том числе: места транспортировки и перегрузки химикатов, складирования сырья для приготовления смол, состояние сетей и сооружений дождевой канализации;

2. Анализ эффективности очистки поверхностных стоков на очистных сооружениях.

По результатам обследования выявлено, что необходимо провести организационные мероприятия по снижению распространения загрязнений на предприятии, в том числе:

1. Очистить от загрязнений колодцы и резервуары дождевой канализации;

2. Провести благоустройство территории промплощадки для исключения попадания в ливневую канализацию смол и нефтепродуктов;

3. Анализ работы очистных сооружений показал, что низкая температура, низкая минерализация и недостаток щелочного резерва дождевой воды не приводит к образованию хлопьев с зарядом достаточным для укрупнения и адсорбции загрязнений в процессе электрокоагуляции. Поэтому с водой из резервуаров-усреднителей проведена пробная коагуляция для определения характеристик необходимых для оптимального процесса коагуляции.

Проведенные природоохранные мероприятия позволили выявить зоны и источники поступления загрязнения в дождевую сеть и снизить грязевую нагрузку на сети и сооружения дождевой канализации, определить данные по дозам реагентов и определиться с технологией доочистки.

Совершенствование схемы очистки состоит из следующих этапов:

1. Перераспределение балансной схемы водопользования. Организация вторичного использования очищенных поверхностных стоков.

2. Наладка электрокоагуляционной системы очистки.

3. Устройство медленного фильтра доочистки.

Рассмотрим перечисленные этапы более подробно.

1. Перераспределение балансной схемы водопользования (Рисунок 1).

На сегодняшний день предприятие сбрасывает в водоем - 44000 м³ сточной воды в год.

Согласно балансной схеме водопотребления и водоотведения предприятия из Онежского озера для хоз-бытовых и производственных целей забирается 180 000 м³ воды в год. Из них на производство направляется 126000 м³ воды в год, в частности на приготовление смол для производства ДСП необходимо 114000 м³ воды в год.

Требование к качеству производственной воды невысокие: отсутствие крупных загрязнений, цветности, низкое содержание взвешенных веществ, железа.

Для снижения объемов забираемой воды из озера и снижения на него негативной нагрузки, оказываемой в результате сброса не полностью очищенных поверхностных вод, целесообразно направлять очищенные поверхностные воды на производство смол. С учетом годовых объемов поверхностных вод, коэффициент разбавления воды (при смешении водопроводной и оборотной воды) составит 2,5, т.е., очищенная поверхностная разбавляется водой из озера. Качество полученной водной смеси приемлемо для производства смол.

Реализация подачи очищенных поверхностных стоков осуществляется путем подключения к существующим трубопроводам системы водоснабжения цеха смол.

2. Наладка электрокоагуляционной системы очистки УКОС – Д 20.

Для улучшения процесса коагуляции необходимо введение реагентов: сульфата алюминия и кальцинированной соды [5]. Оптимальные дозы реагентов подбирались на реальном стоке пробным коагулированием.

Для эффективного удаления полученной гидроокиси производится удаление и уплотнения осадка. Промывная вода с осадком отводится в емкость для смешивания с реагентом, где

осадок уплотняется. Осадок утилизируется в специально отведенные места, осветленная надосадочная вода сливается в приемные резервуар.

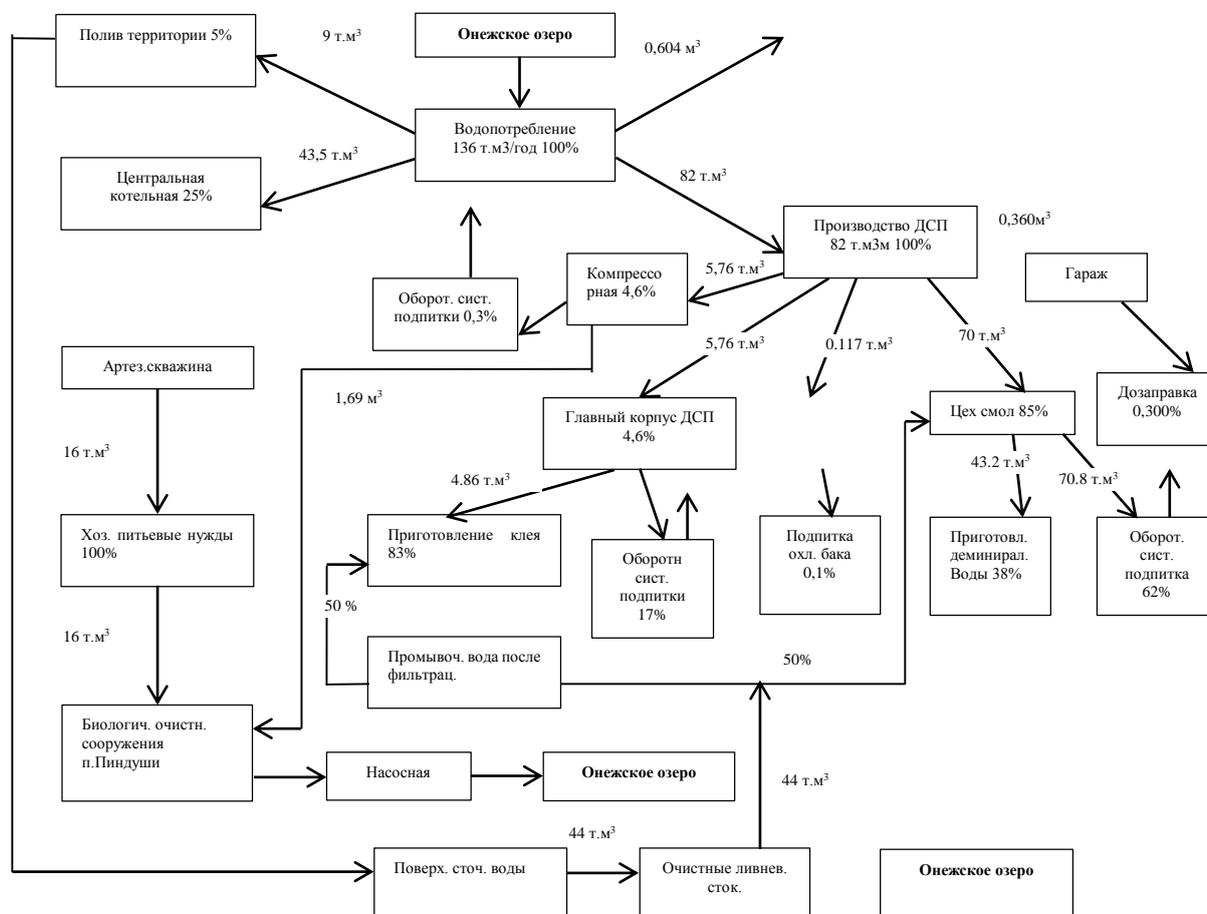


Рисунок 1. Балансовая схема водопотребления и водоотведения предприятия деревообработки.

3. Устройство медленного фильтра доочистки

Для организации доочистки поверхностных вод принимается переоборудование одной из существующих емкостей, предусмотренной для накопления чистой воды под медленный фильтр. Строительство медленных фильтров достаточно просто и может быть выполнено не высококвалифицированным персоналом [12].

Медленные фильтры осветляют воду при помощи пленки, образующейся из отложившихся взвешенных частиц на мелкопористой фильтрующей поверхности [10]. В медленных фильтрах перегородкой является слой мелкозернистой загрузки. Пленочное фильтрование обеспечивает задержание до 98 % загрязнений. Высота надзагрузочного слоя 1,2 – 1,5 м [4, 11].

Принимается скорость фильтрования 0,2 м/час, двухслойная загрузка: шунгит и шунгизит. Применение двухслойной загрузки позволит увеличить скорость фильтрования без изменения качества очистки воды и поднять производительность в 2 раза. В качестве регулирующей емкости используется надводное пространство медленного фильтра [12].

Обычно в качестве загрузки медленного фильтра используется отмытый песок фракцией не менее 0,063 – 0,2 мм и гравийного постилающего слоя 4,75 – 12,0 мм [13, 14].

После очистки вода собирается дренажной системой, установленной в фильтре и перекачивается по напорной линии на производство смол.

Ориентировочная стоимость реализации проекта для предприятия составила 1,5 млн рублей, что примерно в 4 раза меньше предписанных штрафов. Срок реализации проекта – 6 месяцев.

3. Выводы

1. Необходимо адекватно сбалансировать схему водоснабжения и водоотведения предприятия, чтобы обеспечить эффективность ресурсосбережения предприятия. По возможности применить обратную схему водоснабжения с доочисткой.

2. На сегодняшний день непроведение мероприятий по очистке (доочистке) сточных вод, в том числе поверхностных, приводит к штрафам, многократно превышающим затраты на реализацию этих мероприятий.

3. Анализ производственных процессов и снижения грязевой нагрузки на водосборные поверхности показал, что возможно кратно снизить концентрации загрязнений в стоках, поступающих на очистку.

4. Собственникам производства необходимо уменьшать выбросы вредных веществ на уровне производства путем усовершенствования технологического оборудования и действующих регламентов.

5. Вследствие низкой минерализации и щелочного резерва дождевой воды при коагуляции необходимо применение реагентов. Комбинирование реагентной и электро- коагуляции и позволяет снизить затраты на реагенты при высоком качестве очистки.

Работа выполнена в рамках реализации комплекса научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 г.г.

Литература

1. Аюкаев Р. И., Гольденберг П. Г., Графова Е. О. Совершенствование методов контроля эффективности работы канализационных очистных сооружений службами Росприроднадзора // Международная конференция «Новые исследования в областях водоснабжения, водоотведения. Гидравлика и охрана водных ресурсов» (ПГУПС, 31.03.2011 года). – С-Пб: «Издательство ОМ-Пресс». – 2011. - С. 46-50
2. Вигдорович В. И., Пудовкина А. Ю. Экологическая характеристика фенола, его миграция и очистка сточных вод, содержащих оксibenзол // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. ВИ Вернадского. – 2011. – №. 2. – С. 33.
3. Гольденберг П. Г. Проблемы повышения эффективности государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов на территории Республики Карелия // Современные технологии и оборудование систем водоснабжения и водоотведения (26 марта 2013 года). – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. - 2014. – С.13-17.
4. Графова Е. О., Аюкаев Р. Р., Аюкаев Р. И., Веницианов Е. В. Математическое моделирование в исследовании процессов водоочистки. Сообщение 1. Медленное фильтрование // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. - №5. – С. 14-20.

5. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М.: ППП «Типография «Наука». – 2005. – 576 с.
6. Евтифеев Ю. П. Примеры расчета очистных сооружений питьевой воды: учеб. пособие / Ю.П. Евтифеев. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. - 76 с.
7. Захаров Д. А., Зайцева М. И. Загрязнение поверхностных и подземных вод на территории Республики Карелия // В сборнике: Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск, 2013. С. 36-40.
8. Коринько И. В., Вороненко В. А., Лукашенко В. М. Энергосберегающая технология очистки городского поверхностного стока // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: Харьк. Нац. Унив. Гор. хозяйства им. А. Н. Бекетова – 2009. – №. 86. – С. 185-188.
9. Шиленко Н. А. Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. -М.: ВНИРО. – 1999. – 304 с.
10. Юровский А.В., Лукашева Г.Н. Формирование хемосорбционного слоя фильтрующей загрузки медленного самоочищающегося фильтра обезжелезивания // Сервис в России и за рубежом. – М.: Российский государственный университет туризма и сервиса. – 2011. – С. 274-278
11. Calvo-Bado L. Spatial and temporal analysis of the microbial community in slow sand filters used for treating horticultural irrigation water // Applied and environmental microbiology. 2003. T. 69. № 4. P. 2116-2125.
12. Logsdon G., Kohne R., Solomon A. Slow sand filtration for small water systems // J. Environ. Eng. Sci. 2002. 1. P. 339–348.
13. El-Taweel G., Ali G. Evaluation of roughing and slow sand filters for water treatment // Water, Air and Soil Pollution. 2000. 120 (1-2). P. 21-28.
14. Aslan S, Cakici H. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter. J Hazard Mater 2007;148(1e2):253e8

References

1. Ayukaev R.I., Gol'denberg P.G., Grafova E.O. Improving of monitoring methods effectiveness of sewage treatment facilities by environment supervision conservation service (Rosprirodnadzor) [Sovershenstvovanie metodov kontrolya ehffektivnosti raboty kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzhenij sluzhbami Rosprirodnadzora] Mezhdunarodnaya konferentsiya «Novye issledovaniya v oblastiakh vodosnabzheniya, vodootvedeniya. Gidravlika i okhrana vodnykh resursov». [PGUPS, International Conference "New research in the areas of water supply and sewerage. Hydraulics and protection of water resources"]. SPb, 2011. – p. 46-50
2. Vigdorovich V. I., Pudovkina A. Y. The ecological characteristics of phenol and its migration and wastewater containing oksibenzol [Ekologicheskaya kharakteristika fenola, ego migratsiya i ochistka stochnykh vod, sodержashhikh oksibenzol] Vopr. sovrem. nauki i praktiki. Un-t im. VI Vernadskogo [Problems. lies. science and practice. Moscow, 2011. №. 2. – p. 33.
3. Gol'denberg P.G. Problems of increasing the efficiency of state control and supervision over the use and protection of water bodies in the territory of the Republic of Karelia [Problemy

povysheniya ehffektivnosti gosudarstvennogo kontrolya i nadzora za ispol'zovaniem i okhranoj vodnykh ob"ektov na territorii Respubliki Kareliya]. Sovremennye tekhnologii i oborudovanie sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Modern technologies and equipment water and wastewater systems]. Petrozavodsk, 2014. – p.13-17.

4. Grafova E.O., Ayukaev R.R., Ayukaev R.I., Venitsianov E.V. Matematicheskoe modelirovanie v issledovanii protsessov vodoochistki. Soobshhenie 1. Medlennoe fil'trovanie [Mathematical modeling in research of treatment processes. 1. Slow message filtering] Uchenye zapiski PetrGU [Scientific notes PSU]. 2009. - №5, (mart). p. 14-20.
5. Draginskij V. L., Alekseeva L. P., Getmantsev S. V. Coagulation in water purification technology [Koagulyatsiya v tekhnologii ochistki prirodnykh vod]. Moscow, 2005. 576 p.
6. Evtifeev Yu. P. Primery rascheta ochistnykh sooruzhenij pit'evoy vody: ucheb.posobie [Examples of calculation of drinking water treatment plants: Textbooks]. Petrozavodsk, PSU Publ, 2011. 76 p.
7. Zakharov D.A., Zaitseva M. I. Pollution of surface water and groundwater in the territory of the Republic of Karelia // In: Wooden low-rise housing economics, architecture and resource-saving technologies Collection of articles on materials of the international scientific-practical conference. Petrozavodsk State University. Petrozavodsk, 2013. p 36-40.
8. Korinko I. V., Voronenko V. A., Lukashenko V. M. Saving treatment technology of urban surface runoff [Energoberegayushhaya tekhnologiya ochistki gorodskogo poverkhnostnogo stoka] Kommunal'noe khozyajstvo gorodov [Utilities cities]. Kharkiv - 2009. №. 86. - p. 185-188.
9. Shilenko N.A. Perechen' rybokhozyajstvennykh normativov predel'no-dopustimykh kontsentratsij (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovnej vozdejstviya (OBUV) vrednykh veshhestv dlya vody vodnykh ob"ektov, imeyushhikh rybokhozyajstvennoe znachenie [List of fishery standards of maximum permissible concentration (MPC) and the occupational exposure limits (OEL) for hazardous substances in water bodies having fishery significance]. Moscow, VNIRO Publ. 1999. 304 p.
10. Yurovskij A. V., Lukasheva G. N. Formation of chemisorption layer filter media slow self-cleaning filter deferrization [Formirovanie khemosorbtsionnogo sloya fil'truyushhej zagruzki medlennogo samoochishhayushhegosya fil'tra obezzhelezivaniya] Service in Russia and abroad [Servis v Rossii i za rubezhom]. Moscow, 2011. p. 274-278
11. Calvo-Bado L. Spatial and temporal analysis of the microbial community in slow sand filters used for treating horticultural irrigation water //Applied and environmental microbiology. 2003. T. 69. № 4. p. 2116-2125.
12. Logsdon G., Kohne R., Solomon A. Slow sand filtration for small water systems // J. Environ. Eng. Sci. 2002. 1. p. 339–348.
13. El-Taweel G., Ali G. Evaluation of roughing and slow sand filters for water treatment // Water, Air and Soil Pollution. 2000. 120 (1-2). p. 21-28.
14. Aslan S, Cakici H. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter. J Hazard Mater 2007;148(1e2):253e8