

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Клушина Виталия Николаевича
на диссертацию и автореферат диссертации Тихомировой Анастасии
Дмитриевны на тему «Глубокая очистка воды углеродными адсорбентами,
модифицированными бактерицидными агентами»,
представленные на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 - водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов

Структурно работа А. Д. Тихомировой, изложенная на 173 страницах, представлена в виде оглавления, введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 182 позиций и приложений А и Б.

Существо содержания работы

Работу открывает введение (стр. 4-10), характеризующее актуальность темы исследования, степень ее разработанности, цель исследования и связанные с ней задачи, объект и предмет исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы исследования, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, область исследования, степень достоверности полученных результатов, сведения об апробации работы и публикациях, выполненных по ее материалам.

Глава 1 диссертации (**Аналитический обзор** на стр. 11-48) включает 6 разделов.

В разделе 1.1 (Сорбционные технологии в водоподготовке) освещены роль, принципы и особенности использования активных углей в водоподготовке. Подчеркнута реализующаяся в ряде случаев в практике водоподготовки возможность накопления и размножения патогенных микроорганизмов в фильтрующих загрузках зерен активных углей, что обуславливает снижение качества очищаемой воды и необходимость введения в угли бактерицидных добавок.

Раздел 1.2 освещает **проблему микробиологического загрязнения воды**. В нем перечислены основные формы обитающих в воде биологических объектов, охарактеризованы показатели эпидемиологической безопасности питьевой воды, приемы оценки эффективности и методы ее дезинфекции (обеззараживания) наряду с результатами (последствиями) их использования.

Раздел 1.3 (Взаимодействие сорбента с микроорганизмами) содержит сведения о характере фиксации пористыми поглотителями ферментов и микробных клеток. Подчеркнута способность последних к сохранению ферментативной активности в адсорбированном состоянии, освещены способы их иммобилизации и ее особенности.

Раздел 1.4 (Обеззараживающие сорбционные материалы) содержит сведения о природных минералах (шунгите, оксидах алюминия и кремния, модифицированных добавками серебра и йода), содержащих серебро ионообменных смолах и активных углях, используемых для обеззараживания воды (в частности, с рядом медицинских целей), наряду с указанием существа эффектов их воздействия на микроорганизмы.

В разделе **1.5 (Активные угли с бактерицидными добавками)** подчеркнута благоприятность высокой пористости активных углей в качестве носителей различных бактерицидно активных модификаторов, в частности, серебра. Охарактеризованы антимикробные свойства последнего, дозы его введения в угли, механизмы воздействия, недостатки использования. Указано на возможный вариант усиления эффективности целевой эксплуатации импрегнированных серебром углей введением других бактерицидных агентов. Отмечены отсутствие четкой ясности в отношении токсичности наноразмерных частиц серебра и наличие на отечественном рынке фильтрующих картриджей с серебросодержащими активными углями.

Раздел 1.6 (Обеззараживающие добавки) представлен двумя подразделами.

В первом из них (**1.6.1**), названном «**Фуллерены**», представлен ряд сведений о фуллеренах, как веществах, обладающих бактерицидными свойствами даже в весьма малых количествах. Рассмотрен, в частности, ряд вопросов получения стабильных растворов фуллеренов и фиксации последних в пористых адсорбентах. Приведены неоднозначные сведения о воздействии фуллеренов на организм человека. Охарактеризовано поведение фуллеренов как фотосенсибилизаторов.

В подразделе **1.6.2 (Красители)** отмечена губительность для определенных видов бактерий ряда синтетических красителей, обладающих антисептическими свойствами. Рассмотрены механизмы воздействия некоторых из них на бактериальную микрофлору и приведены оценки воздействия на человека. Значительное внимание уделено использованию красителей в производстве различных обеззараживающих материалов и в качестве биологически активных фотосенсибилизаторов.

Обзор завершен выводами, логично резюмирующими существо его содержания и одновременно фиксирующими цели планируемого исследования.

Глава 2 диссертации (**Характеристика объектов и методов исследования**) занимает страницы 49-57 ее текста и представлена тремя разделами.

Раздел 2.1 (Материалы и реактивы) характеризует использованные в исследованиях активированные угли, модифицирующие агенты и реактивы.

Раздел 2.2 (Методы исследования модифицированных активированных углей) представлен четырьмя подразделами.

Первый из них (**2.2.1 Методики модифицирования активированных углей**) содержит детали операций приготовления импрегнирующих

растворов и операций фиксации целевых добавок красителей на активированных углях.

Подраздел **2.2.2 (Стандартные методики исследований)** содержит перечисление и ряд деталей выполнения использованных в работе преимущественно согласно соответствующим государственным стандартам экспериментальных методик.

В подразделе **2.2.3 (Микробиологические исследования)** названы средство оценки антимикробного действия исследуемых образцов и способ ее выражения. Охарактеризован ряд деталей экспериментов, выполненных в статических и динамических условиях.

В последнем подразделе **2.2.4 (Оценка влияния света на свойства модифицированных углей)** для испытанных в работе объектов охарактеризованы источники светового облучения и ряд деталей его осуществления.

В разделе **2.3 (Метод обработки экспериментальных данных)** изложен прием оценки погрешности результатов выполненных измерений и охарактеризован алгоритм проведения соответствующих расчетов.

В завершающих главу 2 выводах вновь перечислены использованные в работе модифицирующие добавки красителей различных классов и фуллеренов C_{60} и C_{70} сопровождаемы сведениями о конкретных целях соответствующих исследований.

Глава 3 диссертации (Модифицированные активированные угли и их свойства), изложенная на страницах 58-82, включает четыре раздела.

В разделе **3.1 (Исследование углей из фильтра водопроводной станции)** охарактеризованы (по показателю КОЕ/см³) уровни осеменения бактериальной флорой образцов воды, отобранной на водопроводной станции на выходе угольного фильтра, собственно угольной загрузки и осадка со стенок фильтра. Констатированы: наличие бактерий во всех названных образцах, прямая связь их числа с ростом массы аккумулярованного осадка и свойство зерен и слоя активного угля быть в воде благоприятной средой для размножения фиксированных микроорганизмов.

В разделе **3.2 (Изучение бактерицидной активности модифицирующих добавок)** оценена бактерицидная активность различных доз красителей и фуллеренов на примере раствора с содержанием бактерий 1500 ± 200 КОЕ/см³ при суточной экспозиции. Отмечен рост бактерицидной активности с увеличением дозы красителей и величины оптимальной дозы фуллереном (0,001-0,002 % масс.).

В разделе **3.3 (Получение и изучение углей, модифицированных красителями)** обоснована рациональная доза красителя (0,001 % масс.), вводимого в уголь марки АКУ. Выполненный анализ поглотительных свойств образцов этого угля, модифицированных различными красителями, позволил выделить среди них образец, содержащий бриллиантовый зеленый. Результатами микробиологических испытаний этих же образцов среди них выделены угли, модифицированные бриллиантовым зеленым (БЗ),

метиленовым синим (МС) и акридиновым желтым, при этом для последующих исследований установлены перспективными первые два из них. Экспериментально обоснованы оптимальная методика модифицирования названного угля красителями (поглощение из водного раствора) и преимущество использования с этой целью красителя БЗ в сравнении с МС. Доказано угнетающее влияние модифицированного красителем БЗ угля на развитие микрофлоры в слое его зерен. В статических условиях выполнено сопоставление бактериальной активности образцов активных углей с добавками красителя БЗ и серебра, свидетельствующее о возможности обеспечения практически равной их результативности. В условиях перемешивания твердой и жидкой фаз эффективность использования с целью подавления микрофлоры угля, импрегнированного красителем БЗ, существенно превосходит таковую угля без добавок.

Раздел 3.4 (Получение и изучение углей, модифицированных фуллеренами) содержит описание ключевых стадий различных вариантов методики нанесения фуллеренов на уголь марки АКУ. При этом показана необходимость использования стабилизатора, ультразвуковой обработки и последующего удаления (регенерации) стабилизатора. Прослежено влияние на свойства импрегнатов вида молекул фуллеренов (C_{60} и C_{70}). Охарактеризована эффективность микробиологического использования растворов и суспензий этих фуллеренов, на основании чего модифицирование угля АКУ осуществлено их водными растворами. Полученные импрегнаты, содержащие 0,002 % масс. названных фуллеренов, в части бактерицидной активности характеризует зависимость, аналогичная водным системам. При этом малая вариация обеззараживающих свойств угля с C_{70} при больших затратах на получение указывает на низкую целесообразность использования C_{70} в сравнении с C_{60} . Введение в названный уголь прогрессивно увеличиваемых доз C_{60} несколько сокращает поглотительную способность по йоду соответствующих образцов, хотя все они характеризуются высокой бактерицидной активностью в статических условиях контакта фаз, демонстрируя, как и водные растворы фуллеренов, экспоненциальный характер зависимости обеззараживающей способности от дозы (концентрации) C_{60} в активном угле. Показано, что максимальная (для изученного интервала) добавка фуллеренов (0,006 % масс.) уступает по эффективности меньшим, что явилось основанием для ее исключения из дальнейшего рассмотрения. Установлено, что фиксированные активным углем фуллерены не смываются водой. Угли, модифицированные фуллеренами, в статических условиях контакта фаз проявляют бактерицидную активность на уровне таковых, содержащих серебро. В сопоставимых же динамических условиях активность угля, содержащего 0,004 % масс. C_{60} , превосходит активность углей, содержащих серебро и меньшие (вплоть до 0) количества фуллеренов.

Главу 3 завершена выводами, констатирующими основные результаты охарактеризованных в ней исследований.

Глава 4 (Очистка воды на модифицированных активированных углях), изложенная на страницах 83-104, характеризует образцы угля АКУ, модифицированного красителем БЗ (в количестве 0,001 % масс.), а также фуллеренами C_{60} (в количестве 0,004 % масс.), и состоит из шести разделов.

В разделе 4.1 (Влияние пористой структуры углей на бактерицидные свойства модифицированных материалов) охарактеризована серия экспериментов по модифицированию выбранными агентами (БЗ, C_{60}) активных углей различных марок. Установлено, что эффективность работы полученных импрегнатов с обеспечением поставленной цели в некоторой степени связана с пористой структурой модифицируемых углей. Выдвинуто предположение о связи этого эффекта с различием величин характеристической энергии углей различных марок и механизмов сорбции ими, в частности, фуллеренов. Подчеркнуто, что «механизм действия фуллеренов, нанесенных на АУ, предположительно обусловлен их фотосенсибилизирующими свойствами». Указано на иную, предположительно обусловленную предложенным электрохимическим механизмом, зависимость фиксации красителя БЗ при модифицировании им активного угля. подчеркнут и факт проявления этим красителем фотосенсибилизирующих свойств. Охарактеризованы результаты оценки эффективности использования активного угля, импрегнированного одновременно обеими добавками (БЗ и C_{60}).

В разделе 4.2 (Влияние заполнения пористой структуры углей органическими соединениями, присутствующими в воде, на обеззараживающие свойства материалов) прослежено влияние на бактерицидные свойства модифицированных активных углей степени насыщения их находящейся в модельном растворе органикой – смесью бензола, фенола и хлороформа в суммарной концентрации примерно 40 мг/л. Констатируется пониженная бактерицидная способность угля АКУ(C_{60}), превосходящая тем не менее на 30 % таковую обычного угля АКУ. Для АКУ(БЗ) аналогичный показатель составляет 65 %, причем его бактерицидные свойства остаются на уровне таковых, демонстрируемых углем, содержащим серебро.

В разделе 4.3 (Изменение обеззараживающих свойств модифицированных материалов в зависимости от исходного содержания бактерий в воде) охарактеризовано влияние содержания бактерий в воде на эффективность их подавления модифицированными образцами угля АКУ. Выявлено, что для воды с содержанием до 25000 КОЕ/см³ уголь АКУ(БЗ) подавляет бактериальную микрофлору на 80 %, что превышает на 60 % эффективность угля АКУ. Уголь же АКУ(C_{60}) демонстрирует аналогичную эффективность лишь на воде с содержанием до 20000 КОЕ/см³. Подчеркнуто, что на сооружениях водоподготовки вода, поступающая на сорбционную очистку, имеет гораздо меньшие концентрации микроорганизмов. В таких условиях, как показано экспериментально, угли АКУ(C_{60}) и АКУ(БЗ) способны к 100 %-ному подавлению микроорганизмов, что соответствует

требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Исследованы и бактериостатические свойства сопоставляемых активных углей. При этом установлено, что после извлечения из воды угля АКУ число микроорганизмов в ней увеличивается. При извлечении же активного угля, содержащего серебро, количество микроорганизмов продолжает снижаться, что связано с переходом серебра в воду в количестве, превышающем величину его ПДК (0,05 мг/л). При удалении из воды угля АКУ_(БЗ) фиксирован рост числа микроорганизмов на уровне экспериментальной погрешности, что свидетельствует в пользу наличия у этого адсорбента определенных бактериостатических свойств. В случае же угля АКУ(С₆₀) такие свойства отсутствуют. На обсемененной бактериями воде при ее 30-суточном контакте с углями в регламентированных условиях исследован характер их биообрастания. Установлено наличие пленки биологического происхождения лишь на поверхности угля АКУ, на углях АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) подобных образований не отмечено. Констатируется, что использование бактерицидных агентов обеспечивает сокращение биообрастания углей, увеличение срока эксплуатации угольной шихты и улучшение качества очищаемой воды.

Раздел 4.4 (Определение работоспособности модифицированных материалов в динамическом режиме) характеризует результаты динамических испытаний выбранных образцов углей. Здесь показано, что угли АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) более активно снижают наличие бактерий в сравнении с углем АКУ и углем, содержащим серебро.

В разделе 4.5 (Влияние жесткости и цветности воды на обеззараживающие свойства модифицированных материалов) оценено влияние жесткости и цветности воды на бактерицидную активность модифицированных активных углей наряду с влиянием последних на данные показатели. Показано, что использование модифицированных адсорбентов наряду со снижением микробного загрязнения воды уменьшает ее цветность. Увеличение жесткости воды благоприятствует росту в ней количества микроорганизмов. При жесткости 7-10 мг-экв/л эффективность обеззараживания воды углями АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) выше таковой угля АКУ, причем уголь АКУ_(БЗ) на 30 % эффективнее угля АКУ(С₆₀).

Раздел 4.6 (Регенерация модифицированных материалов) открывает информация об экспериментальной оценке долгосрочности сохранения модифицированными углями сорбционных и обеззараживающих свойств. В условиях ряда обоснованных допущений выполнены оценочные расчеты, позволяющие предположить, что обеззараживающие свойства модифицированных углей в процессе их эксплуатации будут сохраняться дольше сорбционных. Это свидетельствует о целесообразности регенерации этих адсорбентов по мере их насыщения поглощаемой из воды органикой. Среди различных способов регенерации изучены процессы обработки насыщенных углей АКУ, АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) водяным паром при 150 °С и при 600 °С в инертной среде. Выявлено, что высокотемпературная обработка сводит обеззараживающий эффект регенерированных импрегнатов до уровня такового, проявляемого после регенерации углем АКУ. Регенерация же

водяным паром при 150 °С позволяет сохранять бактерицидную активность углей АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ).

Главу 4 завершают выводы, акцентирующие наиболее значимые заключения по результатам охарактеризованных в ней исследований.

Глава 5 (Фотообеззараживание воды с использованием модифицированных активированных углей) изложена на стр. 105-115 диссертации и представлена тремя разделами, которые предварены предположением, что использование углей с модификаторами, обладающими фотосенсибилизирующими свойствами, позволит разработать новый способ фотообеззараживания воды.

В разделе 5.1 (Влияние основных характеристик светового излучения на водную микрофлору) охарактеризовано влияние излучения выбранных источников (ламп накаливания/светодиодов БЛН/БС, КЛН/КС и СЛН/СС, дающих белый, красный и синий свет соответственно) на микрофлору воды. Отмечено и обсуждено поведение последней при трехчасовой экспозиции и после устранения источника облучения. Подчеркнуто, что излучение названных источников не обладает бактерицидными свойствами в отличие от ультрафиолетового.

Раздел 5.2 (Влияние основных характеристик светового излучения на обеззараживающие свойства модифицированных углей в водной среде) открывают результаты исследования бактерицидных свойств угля АКУ в отношении E.coli под воздействием излучений различных источников при экспозиции до трех часов. Приведены аналогичные сведения для углей АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ), а также результаты микробиологического анализа воды через 21 час после завершения названной экспозиции. Отмечено, что лучшее фотосенсибилизирующее действие проявил уголь АКУ(С₆₀) под воздействием излучений лампы БЛН и светодиодов БС. Показано, что у угля АКУ_(БЗ) фотосенсибилизирующие свойства усиливаются с ростом длительности экспозиции под излучением различных источников, что выражается в сокращении количества бактерий (аналогичную картину обуславливает уголь АКУ_(БЗ) и в отсутствие света). При устранении излучения имеет место дальнейшее усиление обеззараживающих свойств, обусловленное присутствием этого угля. Отмечено, что фотосенсибилизирующее действие угля АКУ_(БЗ) проявляет наиболее ярко под воздействием излучения ламп БЛН. В разделе на примере поглощения из воды бензола охарактеризовано и изменение сорбционной способности углей АКУ, АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) под воздействием излучения ламп БЛН.

В разделе 5.3 (Технико-экономическое обоснование) подчеркнуто, что модифицированные угли АКУ(С₆₀) и АКУ_(БЗ) могут служить альтернативой широко используемым в практике водоподготовки активным углям, содержащим серебро. В этой связи приведены выкладки, предшествующие упрощенному расчету стоимости модифицированных углей, и результаты собственно расчета. Подчеркнуто, что ожидаемая стоимость угля АКУ_(БЗ) в среднем будет на 15-20 % ниже стоимости

активных углей, содержащих серебро, тогда как таковая угля АКУ(C_{60}) будет того же уровня.

Завершающие главу 5 выводы сжато отражают наиболее важные итоги охарактеризованных в ней исследований.

За главой 5 следует **Заключение** (стр. 116-118), в поясняющей части и десяти позициях которого отражено существо выявленных в работе результатов и положений, обеспечивших решение поставленной задачи в виде способа глубокой очистки воды от органических примесей и бактерий активными углями, модифицированными красителем бриллиантовым зеленым и фуллеренами C_{60} . За заключением размещен **Список сокращений и условных обозначений**, использованных в диссертации (стр. 119), за которым представлен **Список литературы** (стр. 120-139). Текст диссертации завершён **Приложениями А** (стр. 140-141) и **Б** (стр. 142-143), представляющими соответственно акты внедрения и испытания результатов выполненных исследований.

Актуальность темы диссертационной работы

Постоянно усугубляющийся дефицит природной пресной воды, непосредственно пригодной для питьевого потребления, сопряженный с ростом на нашей планете народонаселения, его производственной активности и рядом иных обстоятельств, обусловил сооружение в городах и населенных пунктах станций водоподготовки, обеспечивающих снабжение их жителей питьевой водой. Последнюю характеризует различное качество, определяемое, в частности, реализуемой технологией очистки воды поверхностных водоемов и подземных источников. Передовые технологии обычно предусматривают финишную обработку воды для питьевых целей путем ее пропускания через фильтры, заполненные активными углями.

В слое зерен этих адсорбентов может накапливаться и развиваться патогенная микрофлора, обуславливающая ухудшение бактериологических показателей очищенной воды. Одним из продуктивных и широко распространенных средств борьбы с этим явлением является использование адсорбентов, импрегнированных серебром. Наряду с этим такие поглотители способны обеспечивать в очищаемой воде наличие ионов серебра в количестве, превышающем его предельно допустимую концентрацию. Следствием этого может являться значительная бактерицидность питьевой воды, способная угнетать микрофлору желудочно-кишечного тракта человека. В этой связи осуществленный в работе А. Д. Тихомировой результативный поиск иных импрегнирующих активные угли агентов, обладающих бактерицидными свойствами, но не имеющих указанного недостатка, весьма важен для практики водоподготовки и определяет несомненную актуальность выполненного диссертационного исследования.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Представляется целесообразным полагать основным научным результатом выполненных исследований разработку физико-химических основ технологии нанесения на активные угли, применяемые в водоподготовке, новых высокоэффективных бактерицидных агентов и

использования импрегнированных поглотителей для очистки и обеззараживания воды.

Новыми научными результатами являются впервые обоснованные положения о:

1. высокой бактерицидной активности активных углей, модифицированных в микродозах красителем бриллиантовым зеленым и фуллеренами, по сравнению с углями, не содержащими добавок, и углями, модифицированными серебром;
2. сохранении поглотительных свойств активных углей, модифицированных красителем бриллиантовым зеленым, в отношении присутствующих в воде органических примесей;
3. отсутствии смыва в воду из активного угля, модифицированного красителем бриллиантовым зеленым в количестве 0,001 % масс., этого модификатора в количестве, превышающем величину его ПДК;
4. уровне оптимальной дозы фуллеренов (0,004 % масс.), обеспечивающем активным углям высокую бактерицидную способность;
5. выявлении факта повышения степени устранения бактериального загрязнения воды активными углями, модифицированными красителем бриллиантовым зеленым и фуллеренами, путем облучения систем «поглотитель-вода» световыми источниками.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

В тексте работы с привлечением 162 русскоязычных и 20 зарубежных источников информации рассмотрены, сопоставлены и обсуждены современные состояние и теоретические аспекты сорбционной технологии водоподготовки, проблем микробиологического загрязнения воды и взаимодействия сорбентов с микроорганизмами. Охарактеризованы обеззараживающие сорбционные материалы, включая активные угли с бактерицидными добавками и обладающие бактерицидными свойствами фуллерены и красители.

Анализ изложенных в диссертации научных результатов, положений, выводов и позиций заключения свидетельствует о достаточно квалифицированной ориентации ее автора в вопросах формулирования задач, организации, выполнения, обработки, обобщения и представления результатов выполненных исследований. Обоснованность и достоверность полученных результатов, сформулированных выводов, рекомендаций и заключений базируются на использовании реактивов и активных углей обозначенного качества, современных стандартизированных аналитических методик, исследовательского оборудования серийного производства, математических средств оценки погрешности выполненных измерений.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Оппонент полагает, что значимость для науки и практики выводов и рекомендаций работы представляют:

1. предлагаемый способ совершенствования процессов водоподготовки, базирующийся на использовании активных углей, содержащих краситель бриллиантовый зеленый либо фуллерены;
2. ключевые закономерности технологии нанесения обладающих бактерицидными свойствами красителя бриллиантового зеленого и фуллеренов на активные угли и особенности применения импрегнированных адсорбентов в процессах водоподготовки;
3. развитые представления о воздействии импрегнированных адсорбентов на бактериальную микрофлору;
4. незначительность затрат на технологическое переоснащение производства, связанных с возможной практической реализацией результатов выполненного исследования.

Критические замечания и недостатки

По существу выполненного исследования следует отметить следующее:

- судя по размеру зерен использованных в работе активных углей (стр. 49) и диаметру динамической трубки (с. 54), в исследованиях обеззараживающих свойств адсорбентов в динамических условиях не во всех случаях учтены требования минимизации пристеночного эффекта;
- ряд гипотетических предположений, имеющих в тексте работы (в частности, на стр. 83-85, 88, 108), по существу умозрительны и экспериментально не обоснован;
- в работе отсутствуют сведения о патентовании результирующих ее оригинальных результатов или получении других охранных документов, свидетельствующих об их приоритетности.

В тексте диссертации имеется ряд оплошностей, часть которых вызывает замечания:

- Практически все главы, разделы и подразделы работы имеют цифровые обозначения, после которых отсутствуют точки (например, сочетание «5.1 Влияние...»), позволяющее понимать такую запись как «Влияние фактора 5.1»), что производит неблагоприятное впечатление (аналогично «3.2 Изучение...» и т.п.).
- В экологических словарях загрязнитель – физическое или юридическое лицо. В работе же этот термин использован применительно к компонентам растворов, например, «...твердых и жидких загрязнителей...» (с. 14). Принято говорить о загрязняющих веществах.
- Представляется неудачной подрисовочная надпись к рисунку 26 (с. 94). Помимо этого, отсутствует расшифровка обозначения $V_{\text{в}}/V_{\text{ш}}$, можно лишь полагать, что оно выражает отношение объемов воды и угольной шихты;
- Тиазиновый краситель метиленовый голубой фигурирует в работе под разными обозначениями «МГ» и «МС».

Вместе с тем перечисленные огрехи ни в коей мере не сказываются на существе и общей ценности выполненного исследования, его результатах и выводах.

Выводы и рекомендации

Диссертация А. Д. Тихомировой может быть характеризована как завершенное, несомненно, важное, достаточно объемное, трудоемкое, целенаправленное, плодотворное, выполненное на современном научно-техническом уровне и ориентированное на совершенствование водоподготовки научное исследование. Существо, логичная направленность, стиль, характер и внятность изложения рассматриваемых вопросов в целом свидетельствуют о достаточно высокой научной компетенции автора диссертации в рассматриваемой области знаний. Как способы организации выполненных исследований, так и интерпретация и обобщение полученных результатов весомых принципиальных возражений не вызывают.

Тексты диссертации и автореферата хорошо оформлены графически и изложены ясным и четким языком. Автореферат диссертации и выполненные по ее теме публикации (28 работ, из которых 4 в журналах перечня ВАК) достаточно полно отражают существо представленного исследования.

Научные исследования А. Д. Тихомировой субсидированы в рамках конкурсов грантов для студентов и аспирантов вузов, отраслевых и научных институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, а их результаты отмечены в 2014 и 2015 гг. Комитетом по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга дипломами Правительства Санкт-Петербурга.

Заключение

Диссертационная работа А. Д. Тихомировой соответствует паспорту специальности 05.23.04 (Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), его формуле и позициям области исследований 1 (Создание научных основ и математическое моделирование систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, промышленных предприятий, объектов энергетики и сельского хозяйства с разработкой и реализацией методов оптимизации систем по экономическим, технологическим и экологическим критериям оптимальности), 2 (Качество природных и сточных вод, методы определения отдельных компонентов загрязнений, закономерности процессов их взаимодействия в водоемах и в системах водного хозяйства, прогнозирование изменения качества воды в естественных и искусственных водоемах), 5 (Методы обеззараживания и кондиционирования природных и сточных вод, обеспечивающие санитарно-гигиенические, токсикологические и эпидемиологические требования, технологические схемы и конструкции используемых сооружений, установок и аппаратов), 7 (Применение коагулянтов, флокулянтов, катализаторов, сорбентов и других реагентов для очистки сточных и природных вод, обработки шлам и осадков), 12 (Технико-экономическая эффективность и надежность систем водного хозяйства городов, промышленных комплексов и производственных предприятий, оптимизация проектных решений строительства новых, технического перевооружения и реконструкции существующих систем, оптимизации режима работы систем и их отдельных элементов в соответствии с фактическим режимом водопотребления и

поступления отработанной воды) и 17 (Предотвращение отложений, биологических обрастаний, коррозия трубопроводов и конструкционных материалов в системах водного хозяйства).

По содержанию, форме, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности четко аргументированных новых научных результатов рассмотренная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

За решение задачи возможного повышения результативности эксплуатации сооружений водоподготовки путем использования активных углей с добавками новых эффективных в бактерицидном отношении агентов Тихомирова Анастасия Дмитриевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 - водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Официальный оппонент, профессор кафедры
Промышленной экологии ФГБОУ ВО
«Российский химико-технологический
университет имени Д. И. Менделеева»,
доктора технических наук, профессор

Клушин Виталий Николаевич
27 сентября 2017 г.

125047, Москва, Миусская пл., 9
Телефоны:
8-499-978-89-01 – рабочий
8-916-223-07-99 – мобильный
E-mail: klouch@muctr.ru

Подпись *В. Н. Кузнецов*

У Д О С Т О В Е Р

УЧЕБНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Г. Г. И. И.



И. К. Калинин,