

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Веселовской Елены Вадимовны на диссертационную работу  
**Филимоновой Антонины Андреевны**  
**«Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения**  
**системы водопользования индустриально-энергетического**  
**комплекса республики Татарстан»,**  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»,  
в диссертационный совет Д 212.082.06

Диссертационная работа Филимоновой Антонины Андреевны «Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения системы водопользования индустриально-энергетического комплекса республики Татарстан» включает введение, семь глав, выводы, список использованных источников из 354 наименований и приложения. В приложениях содержатся акты о внедрении и использовании результатов проведённых исследований. Общий объём работы - 376 страниц машинописного текста, в том числе 95 рисунков и 80 таблиц.

### **Актуальность темы диссертации**

Энергетическая отрасль традиционно является одной из наиболее ресурсоёмких, характеризующейся, в том числе, потреблением значительных объёмов природной воды и образованием нескольких видов производственных сточных вод, содержащих широкую номенклатуру загрязняющих примесей концентрации которых могут превышать нормативы предельно допустимых концентраций в десятки раз. Это приводит к необходимости создания дорогостоящих многоступенчатых технологических схем очистки сточных вод. Помимо этого сброс сточных вод способствует ухудшению экологической ситуации, в частности, повышает степень минерализации водоёмов-приёмников сточных вод.

Данные проблемы характерны и для республики Татарстан - промышленном регионе с развитой энергосистемой. Например, энергосистемой региона потребляется более половины суммарного забора воды на производственные цели. Объём сбросных вод энергетических предприятий региона составляет порядка 39% суммарного сброса сточных вод. Максимальный вклад в ухудшение экологической ситуации Волжско-

Камского бассейна оказывают Казанский, Нижнекамский и Альметьевский промышленные узлы.

Учитывая ограниченность водных ресурсов региона и постоянное снижение качества вод поверхностных водоёмов нивелирование всех видов воздействий индустриально-энергетического комплекса на водные ресурсы Республики Татарстан является одной из приоритетных задач, определяющих развитие энергетики в целом.

Автором диссертации проведены масштабные исследования, направленные на совершенствование систем водопользования объектов энергетики Республики Татарстан целью которых являлось сокращение объема сточных вод и степени их минерализации.

Таким образом, представленные в диссертационной работе теоретическое обоснование и разработка ресурсосберегающих технологий при создании малосточной системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан является актуальными и представляют как теоретический интерес, так и важнейшее практическое значение.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений**

Достоверность и обоснованность полученных результатов, научных положений, выводов, рекомендаций и заключений подтверждается использованием комплекса методов физико-химического анализа, выполненных в соответствии с ГОСТ. Автором применены апробированные методы математического моделирования химических равновесий в многокомпонентных средах. Все результаты расчетов, полученные с помощью разработанной математической модели, полностью согласуются с данными контроля рабочих параметров систем водопользования энергопредприятий.

Сформулированные выводы и рекомендации по практическому использованию результатов работы основаны на проведенных лично автором теоретических и экспериментальных исследованиях.

Основные результаты работы обсуждались на 22 международных и всероссийских научно-практических конференциях, в том числе на 10 из них доложены автором лично; изложены в 16 научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России; одной монографии и 13 научных статьях, опубликованных в международных базах цитирования Scopus и Web of Science. Автором в соавторстве

зарегистрированы патент на изобретение и патент на полезную модель. Также автор диссертации являлась исполнителем в 2 грантах РФФИ и ФЦП.

### **Значимость для науки и практики полученных результатов**

**Научное новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- Автором разработана многокритериальная система оценки технологического совершенства энергопроизводства, в основу которой положены принципы экологичности, экономичности и ресурсосбережения водопользования.
- Автором разработана математическая модель структуры водооборота на энергетических предприятиях, представленная в виде операторных схем, матриц потоков и связей, водного и компонентного балансов систем технического водопользования. Данная модель прошла успешную апробацию на ряде энергопредприятий республики Татарстан.
- Автором разработана безреагентная технология электромембранной переработки продувочной воды испарительной водоподготовительной установки с диффузионнодиализным экстрактором и электродиализным концентратором.
- Автором разработан и апробирован принцип каскадной регенерации различных категорий сточных вод химобессоливающей ионитной водоподготовительной установки, отличительной особенностью которого является возможность сокращения объемов сбросов на 60%, а удельных расходов реагентов на 20%.
- Автором разработан ряд ресурсосберегающих технологий систем оборотного охлаждения для Казанской ТЭЦ-1, Казанской ТЭЦ-2 и Нижнекамской ТЭЦ-1.
- Автором разработана технология взаимной конверсии твердых и жидких отходов ионообменной водоподготовительной установки.

**Практическая значимость полученных результатов** заключается в следующем:

1. Автором разработаны практические рекомендации применения новых ресурсосберегающих малосточных технологий водопользования для индустриально-энергетического комплекса.
2. Предложенные автором технические решения позволили сократить удельные расходы ресурсов и снизить объемы высокоминерализованных

сточных вод Нижнекамского, Казанского, Набережночелнинского и Альметьевского индустриально-энергетических комплексов.

3. При непосредственном участии автора были проведены опытно-промышленные испытания, внедрены полностью или частично на таких предприятиях, как АО «Татэнерго», АО «ТГК-16», ПАО «Татнефть» с подтверждающими документами о внедрении, разработанные автором технологии и установки по утилизации отходов и сокращению ресурсопотребления.

4. Предложенные автором технические решения и ресурсосберегающие технологии позволяют снизить забор исходной воды из рек Волга и Кама на 6,9 млн. тонн в год, что составляет 3% от водозабора в регионе на нужды энергосистемы, а также снизить сброс высокоминерализованных сточных вод на территории Волжско-Камского бассейна на 5 млн. тонн в год, что составляет 24% от сброса загрязненных сточных вод энергосистемой в регионе.

#### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.01 – "Энергетические системы и комплексы", а именно:

- пункту 1: "Разработка научных основ принципов функционирования энергетических систем региона".

- пункту 3: "Использование методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры водопользования энерготехнологических систем".

- пункту 4: "Разработка научных подходов, методов, алгоритмов, программ и технологий по снижению вредного воздействия энергетических систем на окружающую среду".

- пункту 5: "Разработка и исследование в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии".

- пункту 6: "Исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем и комплексов, на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования".

## Анализ содержания работы

– Исследования, проведённые в рамках данной диссертационной работы, посвящены актуальной проблеме теоретического обоснования и разработке ресурсосберегающих технологий при создании малосточной системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан.

– Структура диссертационной работы - классическая: подробный литературный обзор, включающий в том числе всесторонний анализ отечественного и зарубежного опыта создания малосточных технологий на теплоэнергетических предприятиях, описание объектов исследования - ряда теплоэнергетических объектов Республики Татарстан, обоснование применяемого автором математического аппарата и компьютерных программ теоретических расчетов, подробное описание использованных в исследованиях приборов и установок, методов анализов многокомпонентных водных растворов и твердых материалов, методик проведения лабораторных исследований.

– В работе использованы современные методы и средства исследования: элементный микроанализ проводили с помощью элементного анализатора EURO EA 3000, ИК спектры образцов были зарегистрированы на приставке НПВО "Silver Gate" фирмы "Specac" на ИК Фурье спектрофотометре "Prestige 21" фирмы "Shimadzu", анализ образцов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии осуществляли с помощью хроматографической системы Shimadzu LC-20 (Shimadzu, Япония) со спектрофотометрическим диодноматричным детектором и колонкой с фазой Pursuit C18 250x4,6 мм, 5 мкм (Agilent Technologies, Нидерланды). Также были проведены анализы образцов методом ядерного магнитного резонанса с помощью спектрометра Bruker Avance III 500 MHz с 5-мм, градиентным датчиком PABBO и методом хроматомасс-спектрометрии на квадрупольном жидкостном хроматомассспектрометре LCMS-2010 EV (Shimadzu).

– В работе приведён системный анализ структуры водооборота энерготехнологических систем ряда энергетических предприятий Республики Татарстан и математическая модель энерготехнологической схемы.

– Детально разработаны ресурсосберегающие схемы водооборота технологических вод энергопроизводственных объектов, технологии использования концевых мембранных установок для переработки жидких высокоминерализованных отходов энергопредприятия.

– Обоснованы ресурсосберегающие технологии снижения объемов сточных вод и твердых отходов, включающие замкнутые локальные циклы, синхронизацию потоков и взаимную конверсию отходов.

– В работе подробно рассмотрено влияние предлагаемых технологий для объектов энергетики региона Республики Татарстан на финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экологию.

– В исследованиях автор использует математические модели, в частности программы термодинамического моделирования «Вода 10-Р» КГЭУ и Visual MINTEQ.

– Результаты работы безусловно характеризуются научной новизной, основные результаты работы в достаточной степени отражены в публикациях соискателя, в т.ч в журнале «Теплоэнергетика».

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе отсутствуют данные о сезонных изменениях концентраций главных ионов в водоёмах - источниках технического водоснабжения рассматриваемых в диссертации энергетических предприятий, что не позволяет объективно оценить возможный диапазон доз применяемых на стадии предочистки реагентов.

2. Было бы интересно при оценке экологических показателей разработанных автором бессточных баромембранных технологических схем КТЭЦ-2 рассмотреть целесообразность замены третьей ступени Н-ОН-ионирования установками электродеионизации, позволяющими полностью исключить образование отработанных регенерационных растворов.

3. В предложенной системе критериальной оценки экологического и экономического совершенства производства не учитывается экологическое состояние водоёмов-приёмников сточных вод - фоновые концентрации примесей в водоёме-приёмнике и его гидрологические характеристики, влияющие на динамику разбавления примесей, присутствующих в сточных водах.

4. В п. 2.5.1 в описании конструкции опытного лабораторного электромембранного аппарата не указан тип ионообменных мембран.

5. В качестве альтернативного варианта при расширении рабочего диапазона рН и исключении проскока растворимого алюминия рассмотрен только один вид коагулянта - хлорид железа.

6. В п. 6.2 приведены данные исследования состава отложений на поверхностях мембран обратноосмотических установок систем водоподготовки котельных «Ашальчи» и «Ашальчи-2» и установки подготовки сточных вод котельной «Ашальчи» ПАО «Татнефть», свидетельствующие о наличии в отложениях органических веществ (не менее 10 масс. %), коллоидных соединений и илистых отложений. Соответственно, автором разработан целый комплекс мероприятий по оптимизации эксплуатации установок обратного осмоса. Считаем, что было бы целесообразно привести данные о продолжительности среднего срока службы обратноосмотических мембран данных установок до внедрения предложенных автором мероприятий.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Предложенные технические решения имеют значение для развития энергетической отрасли страны, позволяя обеспечивать устойчивое улучшение экологической ситуации на предприятиях топливно-энергетического комплекса в результате комплексного внедрения разработанных автором инновационных ресурсосберегающих технологий.

### **Заключение**

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа Филимоновой Антонины Андреевны «Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения системы водопользования индустриально-энергетического комплекса республики Татарстан» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения по теоретическому обоснованию и разработке ресурсосберегающих технологий при создании малосточной системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, а также в работе изложены новые научно-обоснованные технические решения в области ресурсосберегающих технологий, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа Филимоновой Антонины Андреевны «Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения системы водопользования индустриально-энергетического комплекса республики Татарстан», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы», с учётом её актуальности, новизны и значимости полученных результатов, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, в том числе критериям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, Филимонова Антонина Андреевна, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – "Энергетические системы и комплексы".

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Тепловые  
электрические станции и теплотехника»  
ФГБОУ ВО «Южно-Российский  
государственный политехнический  
университет (НПИ)  
имени М.И. Платова»

Веселовская  
Елена Вадимовна

Подпись Е.В. Веселовской заверяю:  
Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО «Южно-Российский  
государственный политехнический  
университет (НПИ) имени М.И. Платова»



Холодкова  
Нина Николаевна

Российская Федерация, 346428,  
Ростовская обл., г. Новочеркасск,  
ул. Просвещения, д. 132  
Тел. +7 (8635) 25-52-18  
e-mail: tes252@yandex.ru