

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Филимоновой Антонины Андреевны «Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

**Актуальность темы.** Для осуществления производственных процессов выработки электрической энергии и промышленной продукции требуется большое количество воды и органического топлива. До настоящего времени в России развитие промышленности происходило по экстенсивному направлению, путем расточительного использования природных ресурсов, что привело к количественному и качественному истощению ресурсов. Энергетика является одной из наиболее ресурсоемких отраслей промышленности, где для выработки тепловой и электрической энергии используется, наряду с топливом, большое количество обессоленной воды. В настоящее время в мировой практике, в частности в энергетике России, применяются в основном три способа обессоливания воды: химический (ионообменный), комбинированный на основе сочетания установок химического умягчения и деаэрации воды и испарительных установок и комбинированный на основе сочетания установок химического умягчения воды с установками обратного осмоса.

Технологическая схема химического обессоливания воды предусматривает предварительную обработку исходной воды в осветлителях известью, коагулянтом и флокулянтом, сбор осветленной воды в баках, фильтрацию осветленной воды через механические фильтры, последующее глубокое обессоливание осветленной воды в ионообменных Н- и ОН- фильтрах. Регенерация ионитов осуществляется раствором серной кислоты и едким натром. Для приготовления регенерационных растворов и отмывки ионитов от продуктов регенерации используется обессоленная вода. Для получения пресной воды комбинированными методами с использованием испарительных установок и установок обратного осмоса процесс осветления исходной воды остается. Во всех случаях используется большое количество исходной воды и сбрасываются значительные объемы засоленных жидких отходов в окружающую среду, что обуславливает загрязнение водных бассейнов, почвы и воздуха.

Теоретическое обоснование и разработка ресурсосберегающих технологий на основе применения комплексного системного подхода к решению проблемы ресурсосбережения при создании малосточной системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан (РТ), а также их экспериментальная верификация определяют **актуальность темы** диссертационной работы А.А. Филимоновой.

**Содержание диссертации** включает характеристики методов переработки жидких отходов энергопроизводственных объектов и описание способов снижения стоков, анализ технологий утилизации производственных стоков на энергопредприятиях, характеристики основного оборудования водоподготовительных установок, объем и вид сточных вод объектов исследования РТ; показано, что энергосистема РТ негативно влияет на состояние Волжско-Камского бассейна, поставляя в него значительный объем загрязненных стоков; предложено технологическое решение по снижению водопотребления, которое состоит в повторно-последовательном исполь-

зовании отработанных растворов в установках и аппаратах с более низкими требованиями к качеству водных растворов по принципу «каскад»; предложены технологии использования концевых установок для переработки жидких высокоминерализованных отходов ТЭЦ (в качестве концевых установок при организации замкнутых циклов задействованы электромембранные аппараты в различных вариантах конструкции) и технологии организации локальных замкнутых циклов, синхронизации потоков, ведения водно-химического режима и взаимной конверсии отходов.

**Научная новизна** результатов диссертационной работы заключается в разработке следующих научно-технических решений.

1. Предложена система технологического совершенства энергопроизводства, включающая шесть критериев оценки экологичности, экономичности, ресурсосбережения структуры водопользования.

2. Разработана методология системного анализа энерготехнологической системы. Создана и апробирована математическая модель структуры водооборота на энергетических предприятиях Республики Татарстан в виде операторных схем, матриц потоков и связей, водного и компонентного балансов систем технического водопользования, отличающаяся полнотой отображения процессов и связей.

3. Разработаны научные основы ресурсосберегающих технологий организации структуры водооборота энерготехнологической системы, в которых используются современные безреагентные, мембранные технологии и «концевые» аппараты, включая следующие технологии:

а) электромембранной переработки продувочной воды испарительной водоподготовительной установки; б) «каскадной» регенерации хлоробессоливающей ионитной водоподготовительной установки; в) электромембранной переработки жидких отходов хлоробессоливающих ионитных водоподготовительных установок; г) малосточной баромембранной водоподготовки с производственным циклом поэтапного отделения примесей и повторным использованием промежуточных технологических вод; д) организации замкнутых локальных циклов водооборота; е) синхронизации материальных потоков на установках водооборота; ж) способа ведения водно-химического режима и регенерации баромембранной водоподготовительной установки; з) утилизации жидких и твердых отходов водоподготовки, отличающиеся совместной безреагентной конверсией на универсальной установке утилизации сточных вод с выделением и обезвоживанием малорастворимых соединений.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается во внедрении разработанных в диссертации ресурсосберегающих малосточных технологий водопользования на предприятиях индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан, что обеспечило сокращение удельного расхода ресурсов и снижение объема высокоминерализованных стоков на Нижнекамском, Казанских, Набережно-челнинском, Альметьевском индустриально-энергетических комплексах. Разработанные технологии и установки по утилизации отходов и сокращению ресурсопотребления прошли стадию опытно-промышленных испытаний, приняты к внедрению и внедрены полностью или частично на АО «Татэнерго», АО «ТГК-16», ПАО «Татнефть» с подтверждающими документами о внедрении.

#### **Замечания и вопросы**

1. На рисунке 14 автореферата представлена предлагаемая бессточная схема

водоподготовки Казанской ТЭЦ-2. Почему декарбонизатор установлен перед Н-катионитным фильтром по ходу движения обрабатываемой воды? В этом случае выделяющиеся в воду в Н-катионитном фильтре ионы  $H^+$  будут реагировать с гидрокарбонатными ионами  $HCO_3^-$  с образованием  $CO_2$  и  $H_2O$ , что приведет к углекислотной коррозии трубопроводов и оборудования, установленного после Н и ОН фильтров.

2. В автореферате не приведены методики расчета технико-экономического и экологического эффектов, получаемых за счет внедрения разработанных ресурсосберегающих малосточных технологий водопользования на индустриально-энергетических комплексах Республики Татарстан.

### **Заключение**

По результатам рассмотрения автореферата считаю, что диссертация Антонины Андреевны Филимоновой «Научно-технологическое обеспечение ресурсосбережения системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан» является законченной научно-квалификационной работой, выполнена с использованием методов системного анализа, математического моделирования, лабораторных исследований и промышленных экспериментов, направлена на решение научной проблемы, имеющей важное народно-хозяйственное значение создания и практической реализации ресурсосберегающих технологий малосточной системы водопользования индустриально-энергетического комплекса Республики Татарстан, и по актуальности, научной и практической значимости, объему и уровню выполненных исследований и полноте публикаций соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки РФ, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в актуальной редакции) к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, соответствует паспорту специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы. Автор диссертационной работы Антонина Андреевна Филимонова заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Профессор кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор  
ул. Молодогвардейская, 244,  
Главный корпус, г. Самара, 443100  
Тел. (846) 332-42-31, e-mail: tes@samgtu.ru

Кудинов Анатолий  
Александрович  
21.02.2022 г.

Подпись Кудинова А.А.  
заверяю: Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»,  
доктор технических наук  
ул. Молодогвардейская, 244,  
Главный корпус, г. Самара, 443100  
Тел. (846) 278-43-17, e-mail: ukr@samgtu.ru

Малиновская Юлия  
Александровна