

# Ф А Н О    Р О С С И И

## ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ **ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ** РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ул. Рабочая, 24, Саратов, 410028  
т. (8452) 22-23-76, ф. 22-23-40 e-mail: iptmuran@san.ru  
ОКПО 04864826, ИНН/КПП 6454004600/645401001, БИК 046311001

05.04.2018, № 11506-153

На 04/5833 от 06.06.18



**УТВЕРЖДАЮ**

Директора ИПТМУ РАН,

доцент

Петров Д.Ю.

июля 2018 г.

### **Отзыв ведущей организации**

на диссертацию Макаровой Анны Сергеевны

«Методическое обеспечение и компьютерные инструменты системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология)

**Актуальность темы исследования** обусловлена тем, что в диссертационной работе сформулирована и решена важная для РФ научная проблема разработки методического обеспечения и компьютерных инструментов системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду (ОС) особо опасных химических веществ – ртути и ее соединений.

Необходимо отметить, что, хотя мировые исследования антропогенного воздействия отдельных химических веществ (включая ртуть и ее соединения) на отдельные подсистемы ОС (атмосферу, гидросферу и литосферу/почву) широко распространены, и учёными предложены методы для оценки воздействия на ОС этих химических веществ, но большинство проводимых исследований ориентированы только на конкретные территории и трудно применимы для других регионов, которые имеют специфические различия в климатических данных, рельефах, видов водных ресурсов и т.д. Кроме того, большинство из этих методов требуют наличия больших массивов специфических данных и поэтому не могут быть использованы для разработки общей методологии системного подхода к глобальным или региональным оценкам и прогнозам воздействия на ОС химических веществ.

Необходимо особо подчеркнуть что, из-за отсутствия методологии и доступных компьютерных инструментов, комплексная оценка химической нагрузки на ОС в глобальных (мировых) или региональных (отдельная страна) масштабах практически не проводится.

Ртуть и ее соединения вызывают наибольшую обеспокоенность во всем мире, что нашло свое отражение в принятии в 2013 г. Минаматской конвенции о ртути, которую РФ подписала в 2014 г. и в настоящее время готовится к ее ратификации. В связи с этим весьма важна научно-обоснованная разработка национального плана действий РФ, включающего определение по последствиям воздействия на здоровье человека и ОС антропогенных источников ртути и ее соединений.

Для принятия решений по минимизации воздействия ртути и ее соединений на ОС на территории РФ предоставление наиболее полных сведений о объемах поступления этих веществ в различные подсистемы ОС от различных источников и их последующего распределения в ОС, дополнительными факторами, влияющими на принятие решения могут являться количество людей, проживающих на территории, подвергающейся негативному воздействию и эффективность принимаемых мер. Решение этих задач требует проведения системного анализа взаимосвязей и закономерностей на протяжении всего жизненного цикла исследуемых веществ в ОС.

При выполнении многолетних исследования соискателем получены основные **новые научно обоснованные решения и разработки** в области алгоритмическо-информационного обеспечения оценки воздействия на ОС химических веществ на протяжении всего их жизненного цикла. Среди них целесообразно отметить следующие:

1. Разработана методология и комплексная методика оценки воздействия на ОС химических веществ, отличающаяся учетом концепции «экологического следа», использованием методологии оценки жизненного цикла, математических моделей процессов трансформации, миграции и массопереноса химических веществ в различных подсистемах ОС, а также использованием показателей гигиенического нормирования химических веществ в различных подсистемах ОС, что позволяет комплексно оценивать значение интегральной химической нагрузки от одновременного обращения большого количества химических веществ в глобальном и в региональном масштабах (см. глава 2, раздел 2.1 и 2.2, стр. 54 -63).
2. Предложен алгоритм расчета констант массопереноса химических веществ в гидросфере, отличающийся использованием географических информационных систем и стандартной математической модели массопереноса химических веществ в подсистемах ОС, а также универсального программного комплекса «USEtox», что позволяет получить большие массивы данных о перемещении химических веществ в водных потоках и их накоплении в объектах гидросфе-

ры в глобальном и региональном масштабах (см. глава 2, раздел 2.3 и 2.4, стр. 63 -85).

3. Разработаны логико-информационные модели поступления ртути и ее соединений в ОС от различных природно-техногенных источников, отличающиеся использованием стандартных инструментов функционального моделирования (IDEF) и др., что позволяет накапливать и анализировать большие массивы данных о количестве поступления ртути и ее соединений в ОС в РФ (см. глава 5, раздел 5.2, стр. 178-195).
4. Разработаны алгоритм и процедуры принятия решений по приобретению дополнительных данных о поступлении ртути и ее соединений в ОС от различных химико-технологических систем, отличающиеся детальным анализом пробелов в больших массивах неоднородных данных, применением концепции оценки жизненного цикла и процедур расчета дополнительных данных на основе методов интерполяции и экстраполяции, что позволяет достоверно рассчитывать и прогнозировать показатели поступления ртути и ее соединений в ОС (см. глава 5, раздел 5.2, стр. 178-195).
5. Разработаны методика и алгоритмы компьютерного анализа различных сценариев поступления ртути и ее соединений в подсистемы ОС, отличающиеся использованием реализуемых в РФ долгосрочных Стратегий развития химического, нефтехимического, металлургического и топливно-энергетического комплексов, климатических математических моделей и географических информационных систем, что позволяет прогнозировать возможные изменения в поступлении ртути и ее соединений в ОС, определять уровни приоритизации опасностей природно-техногенных источников поступления в ОС и ее соединений и разработать научно-обоснованные рекомендации для Минприроды РФ и др. заинтересованных организаций по составлению планов инженерно-технологических и организационно-политических мероприятий при ратификации РФ Минаматской Конвенции о ртути (см. глава 7, раздел 7.2, стр. 261-264).

**Теоретическое значение** полученных диссертантом результатов заключается в том, что на основе проведенных научных исследований, предложено алгоритмическо-информационное обеспечение автоматизированной обработки информации о поступлении химических веществ (на примере ртути и ее соединений) в подсистемы ОС для проведения оценки их поведения в ОС и последующего накопления в ее отдельных природных подсистемах ОС (воде, воздухе и почве).

Полученная автором информация позволяет оценить как текущий уровень негативного воздействия химических веществ на ОС и здоровья человека, так и оце-

нить возможные изменения из-за климатических факторов и/или регуляторных решений.

**Практическое применение** результатов теоретическо-экспериментальных исследований позволит принимать научно обоснованные решения по минимизации воздействия на ОС химических веществ. Основные положения выводы и рекомендации диссертационной работы включены в научно-исследовательские отчеты ОАО «НИИ Атмосфера» охраны атмосферного воздуха», выполненные в рамках гранта РСА/2013/030 GLF-2310-2760-4C83 «Пилотный проект по формированию кадастра выбросов ртути в РФ» от 02.02.2013.

Основные результаты диссертационной работы практически использованы при сборе, накоплении и обобщении больших массивов данных, необходимых для формирования кадастра источников поступления ртути и ее соединений в подсистемы ОС в России разработке критериев их приоритизации.

С использованием результатов диссертационной работы подготовлены научно-обоснованные предложения для Минприроды РФ по формированию национального плана действий, требуемых при ратификации Минаматской конвенции о ртути.

Научно-исследовательские разработки автора по оценке опасности химических веществ практически используются в деятельности как промышленного предприятия (ООО «Колтек-ЭкоХим»), государственного предприятия (ФГУП «Рособоронстандарт»), и при осуществлении автором образовательной деятельности, включая обучения студентов, и проведение курсов повышения квалификации для работников промышленности.

**Соответствие паспорту специальности.** По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

**По области исследования:**

**Пункту 3** «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» в части в части создания логико-информационных моделей поступления в ОС химических веществ (Глава 5).

**Пункту 4** «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» в части разработки алгоритмов системного подхода к: классификации уровня опасности химических веществ по воздействию на ОС (Глава 3, раздел 3.1); принятия решений по оценке «химического следа» (Глава 2, раздел 2.2); расчета констант скоростей переноса и миграции химических веществ в водной среде (Глава 2, раздел 2.4); обработки информации о воздействии на ОС предприятий (Глава 4, раздел 4.1); поддержки принятия решений по выбору наиболее безопасных для ОС ресурсоэнерго-

эффективных ХТС (Глава 4, раздел 4.2); приоритизации по уровню опасного воздействия на ОС химических веществ (Глава 4, раздел 4.3); многокритериального анализа вариантов эквивалентной замены опасных химических веществ (Глава 4, раздел 4.4); принятию решений по приобретению дополнительных данных о поступлении в ОС ртути и ее соединений (Глава 6), а также в части разработки методик: применения универсального комплекса программ «USEtox» (Глава 2, раздел 2.3); системного анализа взаимосвязей между экологическими, экономическими и социальными показателями обращения химических веществ в России (Глава 3, раздел 3.2).

**Пункту 12** «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации» в части визуализации основных источников поступления в ОС ртути и ее соединений с использованием ГИС (Глава 5, раздел 5.1); визуализации информации о фактическом содержании в подсистемах ОС ртути и ее соединений с использованием ГИС (Глава 5, раздел 5.3); компьютерного анализа различных сценариев поступления в ОС ртути (Глава 7, раздел 7.1).

**Пункту 13** «Методы получения, анализа и обработки экспертной информации» в части разработки методик сбора, анализа и обработки информации от: населения о воздействии химических веществ (Глава 3, раздел 3.4); российских химических предприятий о актуальности активного использования «зеленых» технологий для снижения объемов производства и потребления опасных химических веществ (Глава 3, раздел 3.3).

Материалы изложены в главах 1 – 7.

Основные замечания и рекомендации по диссертации:

1. Цель работы сформулирована как "создание методического обеспечения и компьютерных инструментов системного подхода к принятию решений по оценке воздействия на ОС химических веществ и применение разработанных компьютерных инструментов для оценки и приоритизации по уровню опасности природно-техногенных источников поступления в окружающую среду ртути и ее соединений на территории РФ". Подобная формулировка цели требует дополнительных пояснений относительно того, какие именно решения можно принимать непосредственно на этапе ОВОС.

2. В тексте диссертации упоминается (стр.12), что при разработке комплексной методики ОВОС химических веществ, помимо концепции «экологического следа» использовалась концепция «планетарных границ», однако отсутствует четкое описание того, как именно эта концепция была учтена в разработанной методике.

3. При расчете химического следа используется формула (гл. 2, п. 2.1, стр.56 формула 16) подразумевает что при ОВОС для нескольких веществ, одновременно находящихся в обращении на исследуемой территории негативные воздействия от этих веществ суммируются, что не всегда соответствует действительности.

4. Большинство используемых автором в расчетах баз данных по бассейнам рек, средним многолетним значениям массы перемещающейся воды, среднегодовому количеству осадков, долям сельскохозяйственных почв и т.п., созданы в 2000-х г. и содержащаяся в них информация могла устареть к настоящему времени, что в свою очередь может негативно сказаться на точности и значимости расчетов.

### **Заключение по диссертации**

В целом рецензируемая диссертационная работа Макаровой А.С. выполнена на хорошем научном уровне и представляет собой научное исследование, в котором реализован системный подход к задаче ОВОС химических веществ в глобальном или локальном масштабах. Несмотря на наличие ряда отмеченных замечаний и недостатков можно сформулировать следующие общие выводы по содержанию представленной диссертации:

1. В диссертации сформулирована и решена актуальная научная проблема – ОВОС находящихся в обращении химических веществ, являющихся приоритетными загрязнителями ОС, в мировом и/или региональном масштабе.

2. Цель и задачи диссертации обусловлены современными потребностями науки и практики, соответствуют направлениям, целям и долгосрочным перспективам стратегий развития РФ. Поставленная цель достигнута, а соответствующие задачи решены на современном научно-техническом уровне;

3. Диссертация хорошо технически оформлена. Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации.

4. Диссертация представляет собой научно-исследовательскую работу, в которой получены знания и информация, обладающие новизной и доказательностью.

5. По тематике, методам научного исследования, полученным научным результатам диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (химическая технология).

На основании ознакомления с текстом диссертации, авторефератом диссертации и публикациями автора можно сделать **следующее заключение**: диссертация А.С. Макаровой «Методическое обеспечение и компьютерные инструменты системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений» - это завершенная научно-квалификационная работа, в которой предложены научно-методические основы и разработаны компьютерные инструменты системного подхода к ОВОС химических веществ, практическое использование которых позволит внести существенный вклад в устойчивое развитие экологически безопасных производств реального сектора экономики, что полностью соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

Макарова Анна Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология)».

Диссертация обсуждена, отзыв ведущей организации заслушан и одобрен на расширенном заседании Лаборатории № 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем точной механики и управления Российской академии наук, протокол № 6 от 05 июля 2018 г.

Заведующий лабораторией системных проблем управления и автоматизации в машиностроении,  
к.ф.-м.н., доцент

Богомолов Алексей Сергеевич

Специальность, по которой защищалась диссертация:  
01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика (2003)

Главный научный сотрудник  
д.т.н., профессор

Кушников Вадим Алексеевич

Специальность, по которой защищалась диссертация:  
05.13.01 – Управление в технических системах

диссертация:  
машиностроения (2000)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук (ИПТМУ РАН).

410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24, телефон: (8452) 22-23-76.

e-mail: [iptmuran@san.ru](mailto:iptmuran@san.ru), сайт: <http://iptmuran.ru>