

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.16, созданного на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета

от «4» сентября 2018 года, протокол № 12

**О присуждении Макаровой Анне Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.**

Диссертация «**Методическое обеспечение и компьютерные инструменты системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений**» в виде рукописи по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология), технические науки, принята к защите 15 мая 2018 года, протокол № 8, диссертационным советом Д 212.204.16, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от 12 октября 2015 года № 1238/нк).

**Соискатель Макарова Анна Сергеевна**, 07 апреля 1975 года рождения, в 1998 году окончила Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования Российской Федерации.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «**Разработка метода оценки и управления рисками, возникающими при обращении с веществами и материалами**» защитила в 2002 году в диссертационном совете, созданном на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования Российской Федерации.

**Прошла обучение в докторантуре** Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации с 2012 по 2015 годы.

Работает в должности доцента кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный консультант** - член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, **Тарасова Наталия Павловна**, директор Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

### **Официальные оппоненты:**

доктор технических наук **Степанченко Илья Викторович**, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Камышинского технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», Камышин;

доктор технических наук, профессор **Зиятдинов Надир Низамович**, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой системотехники, декан факультета повышения квалификации преподавателей вузов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань;

доктор технических наук, профессор **Панарин Владимир Михайлович**, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой охраны труда и окружающей среды федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», Тула,

дали *положительные* отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук**, Саратов, в своем *положительном* заключении, подписанном заведующим лабораторией системных проблем в управлении и



автоматизации в машиностроении, кандидатом физико-математических наук, доцентом Богомоловым Алексеем Сергеевичем; доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником той же лаборатории Кушниковым Вадимом Алексеевичем, указала, что автор диссертации Макарова Анна Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология) (отзыв заслушан и одобрен на расширенном заседании лаборатории системных проблем в управлении и автоматизации в машиностроении 05 июля 2018 года, протокол № 6).

Соискатель имеет **80 опубликованных работ**, в том числе по теме диссертации опубликовано **70 работ**, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано **29 работ**. Недостоверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют. Общий объем работ по теме диссертации составляет **894 страниц**. Соискателем опубликовано **12 работ** в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов, подан на регистрацию **1 патент** и получено **2 патента** и **3 свидетельства о государственной регистрации программы** для электронно-вычислительных машин, издано **2 монографии**, **3 учебника** и **учебных пособий**. Три статьи написано лично, 67 публикаций сделаны в соавторстве.

**Личный вклад соискателя** в опубликованных работах по теме диссертации **не менее 80%** и состоит из следующих результатов: разработка алгоритм расчета констант скоростей переноса химических веществ в гидросфере с использованием геоинформационных систем, проведение сравнительного анализа систем управления обращением химикатов, разработка подхода к оценке уровня химического загрязнения в масштабах планетарных границ, разработка алгоритма и компьютерных инструментов для оценки нагрузки на пресные водоёмы субъектов Российской Федерации, моделирование миграции химических веществ между подсистемами окружающей среды.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

- Makarova A., Shlyakhov P., Tarasova N. Estimating chemical footprint on high-resolution geospatial grid // Procedia CIRP. 2018. Vol.69. P. 469–474 (Web of Science, Scopus)

- Макарова А.С., Васильева Е.Г. Алгоритм расчета констант скоростей переноса химических веществ в гидросфере с использованием геоинформационных систем//Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН, том 19, № 4, с. 139-148

- Makarova A., Meshalkin V., Klemeš J., Kudryavtseva E., Bulatov I. Ecological and economic model of performance evaluation of the companies involved in the Responsible Care®Program // Chemical Engineering Transactions. 2017. Vol. 61. p. 1477–1482 (Scopus).

На диссертацию и автореферат поступило **10 отзывов, все положительные**. В отзывах указывается, что представляемая работа характеризуется высоким теоретическим уровнем, имеет большое научное и практическое значение; работа по своей новизне и актуальности **соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии**.

В отзыве **доктора экономических наук Шевчука Анатолия Васильевича**, руководителя Отделения проблем природопользования и экологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Всероссийская академия внешней торговли» **указаны замечания**: неясно, насколько автором были рассмотрены зарубежные исследования по системному подходу к комплексной оценке воздействия на окружающую среду химических веществ; неясно, как повлияли результаты опроса населения на разрабатываемую систему принятия решения; в автореферате при описании главы 3 диссертации отсутствует анализ экономических индикаторов.

В отзыве **доктора технических наук, профессора Большакова Александра Афанасьевича**, профессора кафедры «Телематика (при центральном научно-исследовательском и опытно-конструкторском институте робототехники и технической кибернетики)» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» **указано замечание**: на рисунке 1 (страница 17) на блок-схеме алгоритма имеются «вишние вершины», на блок-схеме на рисунке 2 (страница 20) отсутствует выход из цикла по i-1, I.

В отзыве **доктора технических наук Сметанникова Владимира Петровича**, научного руководителя акционерного общества «Инжиниринговая компания инновационных проектов» **указано замечание**: неясно, почему в расчетах используется система линейных, а не дифференциальных уравнений.

В отзыве **доктора технических наук, профессора Бессарабова Аркадия Марковича**, заместителя директора по науке публичного акционерного общества «Научный центр «Малотоннажная химия» **указано замечание**: неясно, какие процессы учитывались при описании миграции химических веществ между средами.

В отзыве **доктора технических наук, профессора Козлова Александра Дмитриевича**, руководителя



главного научного метрологического центра «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов» Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» **содержится замечание:** неясно, как происходит рассмотрение моделей, лежащих в основе представленного в диссертации подхода к оценке воздействия на окружающую среду химических веществ, во времени.

Отзыв **доктора химических наук Куткина Александра Валерьевича**, начальника научно-исследовательского отделения инновационных исследований и разработок Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии» **содержит следующие замечания:** неясно, как в оценках учтен тот факт, что токсичность органических соединений ртути в разы выше, чем, например, токсичность элементной ртути; неясно, как обоснован принятый в расчет шаг ячейки  $0,5^0$  на  $0,5^0$ ; в описании к рисунку 3 не указано, сколько участников программы было учтено в расчетах и каким образом получена результирующая кривая.

Отзыв **доктора технических наук, доцента Мошева Евгения Рудольфовича**, заведующего кафедрой «Машины и аппараты производственных процессов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» **отмечены замечания:** в автореферате не представлена структура базы данных, без которой невозможно эффективное применение разработанных компьютерных инструментов для оценки и приоритизации источников поступления в окружающую среду ртути и ее соединений; в верхней части рисунка 1 не предусмотрена процедура сохранения в базу данных результатов определения класса опасности веществ, обладающих хронической токсичностью.

В отзыве **доктора технических наук, профессора Якименко Игоря Владимировича**, заведующего кафедрой «Электроника и микропроцессорная техника» филиала Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске **отмечено замечания:** отсутствие в тесте автореферата предложений по конкретным мероприятиям, направленным на снижение ртутной нагрузки и отсутствие обоснования возможности программной реализации созданного специального алгоритмического обеспечения поддержки принятия решений по снижению воздействия на окружающую среду химических веществ.

В отзыве **доктора химических наук, профессора Трегера Юрия Анисимовича**, советника Генерального директора общества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский инженерный центр «Синтез» **отмечено замечание:** отсутствие в автореферате при изложении материала главы 3 диссертации описания проанализированных экологических индикаторов воздействия на окружающую среду.

В отзыве **доктора медицинских наук, профессора Хамидулиной Халиди Хизбулаевны**, директора федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» **отмечено замечание:** автор уделил недостаточно внимания оценке воздействия химических веществ на здоровье человека.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации **полностью обоснован их высокой компетентностью в данной предметной области, подтвержденной значительным количеством публикаций** по системному анализу и методам оптимизации техногенно-природных систем, по методам идентификации источников выбросов, экологическому мониторингу; моделированию распространения загрязнителей в атмосфере; разработке программных модулей; разработке моделей и алгоритмов минимизации ущербов от выбросов предприятий; по использованию интеллектуальных методов обработки и анализа данных.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании успешно завершенных соискателем исследований:

- **разработана** комплексная методика оценки воздействия на окружающую среду химических веществ, отличающаяся учетом концепции «экологического следа», использованием методологии **оценки жизненного цикла**, математических моделей трансформации, миграции и массопереноса химических веществ в различных подсистемах окружающей среды;

- **предложен** алгоритм расчета констант массопереноса химических веществ в гидросфере, отличающийся использованием информации из географических информационных систем;

- **выполнен** системный анализ актуальности применения на производствах и в цепях поставок химических производств «зеленых» технологий и **энергоресурсоэффективных химико-технологических систем;**

- **разработана и практически применена** методика сбора и обработки больших массивов информации от населения по его осведомленности о потенциальных опасностях химических веществ;

- **предложены** оригинальные **логико-вычислительные алгоритмы** поддержки принятия решения по снижению воздействия на окружающую среду: 1) обработки информации от химических



предприятий об их воздействии на окружающую среду, 2) выбора экологически безопасных химико-технологических систем, 3) выбора приоритетных химических веществ по воздействию на окружающую среду в глобальном и региональном масштабе, 4) многокритериального анализа вариантов замены видов производств и использования экологически опасных химических веществ с учетом экономических показателей эффективности;

- **разработаны** логико-информационные модели поступления ртути и ее соединений в окружающую среду от различных природно-техногенных источников;

- **разработаны** процедуры и алгоритм принятия решений по приобретению дополнительных данных о поступлении ртути и ее соединений в окружающую среду от различных химико-технологических систем;

- **разработаны** методика и алгоритмы компьютерного анализа различных сценариев поступления ртути и ее соединений в подсистемы окружающей среды, позволяющие прогнозировать возможные изменения в поступлениях ртути и ее соединений в окружающую среду, определять уровни приоритизации опасностей природно-техногенных источников поступления в окружающую среду ртути и ее соединений и разработать научно-обоснованные рекомендации для Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и других заинтересованных организаций.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что по проблематике диссертации получены обладающие новизной следующие новые научные результаты:

- **применены** методология системного анализа сложных техногенно-природных объектов, в том числе производств и цепей поставок нефтехимического, топливно-энергетического и металлургического комплексов; современные методы и инструменты переработки больших массивов данных с использованием: географических информационных систем, эвристическо-вычислительных алгоритмов, методов математической статистики и вычислительной математики, методологии создания проблемно-ориентированных комплексов программ и информационных систем поддержки принятия решений;

- **предложены:** 1) комплексная методика оценки воздействия на окружающую среду химических веществ с учетом концепции «экологического следа», 2) алгоритм расчета и визуализации информации о константах скоростей переноса химических веществ в водной среде с использованием географических информационных систем, 3) методика сбора и обработки больших массивов неоднородной информации от населения о воздействии химических веществ, 4) комплекс логико-вычислительных алгоритмов поддержки принятия решения по снижению воздействия на окружающую среду, включающий: - алгоритм обработки информации о воздействии на окружающую среду химических производств; - алгоритм поддержки принятия решений по выбору наиболее безопасных для окружающей среды химико-технологических систем; - алгоритм выбора приоритетности по уровню опасного воздействия на окружающую среду химических веществ в глобальном и региональном масштабе; - алгоритм многокритериального анализа вариантов эквивалентной замены опасных для окружающей среды химических веществ, 5) логико-информационные модели процессов поступления ртути и ее соединений в окружающую среду от различных природно-техногенных источников, 6) методика компьютерного анализа различных сценариев поступления ртути и ее соединений в окружающую среду с учетом стратегий развития промышленности и двух климатических сценариев межправительственной группы экспертов по изменению климата;

- **обоснована** с использованием методологии системного анализа актуальность активного применения на химических предприятиях Российской Федерации «зеленых» технологий, методов логистики ресурсосбережения и методов теории энергоресурсоэффективных химико-технологических систем, что позволят снизить объемы производства и потребления опасных химических веществ;

- **проведены** с использованием методологии системного подхода: 1) расчеты оценок «химического следа» для ртути и ее соединений в Российской Федерации с использованием предложенной комплексной методики оценки воздействия на окружающую среду химических веществ и универсального программного комплекса «USEtox», 2) анализ и приоритизация по уровню опасности природно-техногенных источников поступления ртути и ее соединений в окружающую среду.

**Значение** полученных соискателем результатов научного исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработаны и практически использованы** при составлении научных отчетов для открытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха», выполненных при участии соискателя по гранту PCA/2013/030 GLF-2310-2760-4C83 «Пилотный проект по формированию кадастра выбросов ртути в РФ» от 02.02.2013, логико-информационные модели про-



цессов поступления ртути и ее соединений в окружающую среду от различных природно-техногенных источников и методика компьютерного анализа различных сценариев поступления ртути и ее соединений в окружающую среду с учетом стратегий развития промышленности и двух климатических сценариев межправительственной группы экспертов по изменению климата,

- **расчетно-аналитически определены** приоритетные техногенные источники поступления ртути и ее соединений в окружающую среду.

Результаты диссертационной работы были представлены ответственным работникам Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и рекомендованы к использованию при создании Национального плана действий по ратификации Россией Минаматской конвенции о ртути.

**Результаты диссертационной работы** могут быть рекомендованы для практического применения в научных организациях при составлении образовательных программ, а также на предприятиях химической промышленности и смежных с ней отраслей.

**Оценка достоверности, обоснованности научных результатов и выводов по результатам исследования** подтверждаются корректным использованием апробированных научных положений и методов исследования; обеспечена корректным использованием математических методов и инструментов компьютерного моделирования.

**Достоверность результатов**, полученных с помощью разработанной методики оценки воздействия на окружающую среду химических веществ, подтверждается корректным сопоставлением полученных расчетных данных с экспериментальными данными измерений содержания ртути и ее соединений в подсистемах окружающей среды.

**Результаты диссертационной работы не противоречат** ранее полученным общепринятым результатам других авторов в области методологии системного подхода, методов и алгоритмов оценки воздействия на окружающую среду.

**Личный вклад соискателя** состоит: - в активном участии на всех этапах научного исследования; - в формулировке цели и основных задач исследования; получении исходных данных; сборе, обработке и интерпретации больших массивов полученных данных; личном участии в апробации результатов исследования; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

**Диссертация представляет собой** завершенную самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, в которой предложены научно-методические основы и разработаны компьютерные инструменты системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду химических веществ, практическое использование которых позволит внести существенный вклад в обеспечение устойчивого развития экологически безопасных производств реального сектора экономики России.

**По своему содержанию диссертация отвечает** паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология) в части: пункта 3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; пункта 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; пункта 12 «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации»; пункта 13 «Методы получения, анализа и обработки экспертной информации».

**По актуальности, новизне и практической значимости** диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

На заседании 4 сентября 2018 года, протокол № 12, диссертационный совет принял решение присудить Макаровой Анна Сергеевне ученую степень доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности и отрасли науки рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 13, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
академик Российской академии наук  
Ученый секретарь диссертационного совета

В. П. Мешалкин  
С. П. Дударов