

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Зиятдинова Надира Низамовича. 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 диссертационной работы. Развитие химического и нефтехимического комплекса, сопровождающееся увеличением выпуска химической продукции, и глобализация экономики обуславливают необходимость разработки новых методик и алгоритмов комплексной оценки воздействия на окружающую среду химических веществ на региональном и/или глобальном уровнях.

Для реализации разработанных методик необходима обработка и системный анализ больших объемов информации с использованием современных программно-технических средств. Необходимо отметить, что большинство существующих и применяемых в настоящее время методик и алгоритмов по оценке воздействия на окружающую среду химических веществ, ориентированы на локальные оценки, а для их успешного применения требуется большой массив исходных данных, который практически очень трудно собрать и обработать.

В диссертационной работе Макаровой А.С. предложен оригинальный подход к проведению глобальных и региональных оценок уровня негативного воздействия химических веществ. Данная работа практически применена для оценки воздействия ртути и ее соединений, являющихся приоритетными загрязнителями окружающей среды во всем мире. Что, несомненно, обуславливает актуальность и востребованность результатов научного исследования.

Краткий анализ основного содержания работы.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и основные задачи; приведены положения, выносимые на защиту; изложены научная новизна и практическая значимость результатов работы; приведены сведения об апробации работы.

В **первой главе** выполнен анализ современного состояния научных исследований по системному подходу к оценке воздействия на окружающую среду химических веществ на всех этапах их жизненного цикла. Проведен системный анализ показателей уровня опасности ртути и ее соединений для окружающей среды и здоровья человека.

В результате Макаровой А.С. было отмечено, что существующие модели оценки воздействия на окружающую среду химических веществ практически не учитывают комплексное воздействие большого количества химических веществ, находящихся в одновременном обращении на исследуемом географическом объекте.

Во **второй главе** изложена методология системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду химических веществ в глобальном и региональном масштабе с использованием оригинальной концепции «химического следа», включая Алгоритм расчета констант скоростей переноса и миграции химических веществ в водной среде с использованием геоинформационных систем.

В **третьей главе** автором предложены методические основы системного анализа социо-эколого-экономических индикаторов воздействия на окружающую среду химических веществ. Описаны методики системного анализа взаимосвязей между экологическими, экономическими и социальными показателями обращения химических

веществ в РФ. В результате системного анализа необходимости активного использования российскими химическими предприятиями «зеленых» технологий, позволяющих снизить объемы производства и потребления опасных химических, показано, что «зеленые» технологии вызывают интерес у населения и востребованы. Дальнейшее развитие этого направления в РФ позволит значительно сократить объемы производства и применения опасных для окружающей среды и здоровья человека химических веществ.

В **четвертой главе** дано описание алгоритмического обеспечения поддержки принятия решений по снижению воздействия на окружающую среду опасных химических веществ.

В **пятой главе** проведена идентификации источников поступления в окружающую среду ртути и ее соединений.

В **шестой главе** представлено алгоритмическое обеспечение системного подхода к принятию решений по приобретению дополнительных данных о поступлении в окружающую среду ртути и ее соединений от различных природно-техногенных источников.

В **седьмой главе** в качестве результата применения разработанных Макаровой А.С. алгоритмов и компьютерных инструментов изложен подход, призванный обеспечить принятие научно-обоснованных решений по минимизации воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений в мировом и региональном масштабах.

Научная новизна исследования и полученных результатов. В диссертационной работе получены следующие оригинальные результаты:

1. Разработана комплексная методика оценки воздействия на окружающую среду химических веществ, которая отличается учетом концепции «экологического следа», использованием методологии оценки жизненного цикла, математических моделей процессов трансформации, миграции и массопереноса химических веществ в подсистемах окружающей среды, а также применением показателей гигиенического нормирования химических веществ в различных подсистемах окружающей среды, что позволяет комплексно оценивать значение интегральной химической нагрузки от одновременного обращения большого количества химических веществ в глобальном и в региональном масштабах.

2. Предложен алгоритм расчета констант массопереноса химических веществ в гидросфере, применение которого позволяет получить большие массивы данных о перемещении химических веществ в водных потоках и их накоплении в объектах гидросферы в глобальном и региональном масштабах.

3. Выполнен системный анализ актуальности применения на производствах и в цепях поставок химических предприятий «зеленых» технологий и энергоресурсоэффективных химико-технологических систем, отличающийся применением методологии системного подхода к проведению социологических опросов и процедур систематизации больших массивов разнородных данных о фактическом состоянии химико-технологических процессов и бизнес-процессов, что позволяет реально оценивать возможность снижения экологической опасности производства и потребления опасных химических веществ в РФ.

4. Разработана и практически применена методика сбора и обработки больших массивов информации от населения по его осведомленности о потенциальных опасностях химических веществ, которая позволяет определять уровень уязвимости и защищенности населения от воздействия химических веществ, а также способность населения распознать химические вещества опасные для окружающей среды, сократив

их потребление.

5. Предложены следующие оригинальные логико-вычислительные алгоритмы поддержки принятия решения по снижению воздействия на окружающую среду:

- обработки информации от химических предприятий о воздействии на окружающую среду, которая позволяет, несмотря на наличие объективных пробелов в предоставляемых больших массивах данных, оценить эффективность планируемых природоохранных мероприятий, а также повысить уровень заинтересованности и добровольной вовлеченности химических предприятий в разработку и реализацию мероприятий по энергоресурсосбережению и охране окружающей среды, в том числе, в мероприятиях по реализации международной общественной программы «Ответственная Забота»;
- выбора экологически безопасных химико-технологических систем, который позволяет, сравнивая однотипные ХТС, осуществить научно-обоснованный выбор наиболее безопасных по комплексному воздействию на окружающую среду ХТС;
- выбора приоритетных химических веществ по воздействию на окружающую среду в глобальном и региональном масштабе, которая позволяет значительно упростить и ускорить оценку воздействия на окружающую среду, а также выбрать из всего объема находящихся в обращении на исследуемой территории химических веществ, наиболее значимые по опасному воздействию на окружающую среду;
- многокритериального анализа вариантов замены вида производства и использования экологически опасных химических веществ с учетом экономических показателей эффективности, которая позволяет принимать научно-обоснованные решения по определению менее опасных эквивалентных химических веществ в химико-технологических системах.

6. Разработаны логико-информационные модели разнообразных процессов поступления ртути и ее соединений в окружающую среду от различных техногенных источников с использованием IDEF-0, что позволяет накапливать и анализировать большие массивы данных о количестве поступления ртути и ее соединений в окружающую среду в РФ.

7. Разработаны алгоритм и процедуры принятия решений по приобретению дополнительных данных о поступлении ртути и ее соединений в окружающую среду от различных ХТС, которые позволяют достоверно рассчитывать и прогнозировать показатели поступления ртути и ее соединений в окружающую среду.

8. Разработаны методика и алгоритмы компьютерного анализа различных сценариев поступления ртути и ее соединений в подсистемы окружающей среды, которые отличаются использованием реализуемых в РФ долгосрочных Стратегий развития химического, нефтехимического, металлургического и топливно-энергетического комплексов.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов. Автором получен ряд важных для практики результатов, которые позволяют проводить с достаточной степенью точности оценку воздействия на окружающую среду химических веществ на мировом и/или региональном уровнях.

Достоверность и степень обоснованности научных положений и выводов определяется корректным использованием апробированных научных положений и методов научных исследований и обеспечена строгость используемого математического аппарата.

Новые научные результаты согласованы с существующими теориями основами и подтверждаются собранными большими массивами данных натурных испытаний,

результаты которых доказывают адекватность созданных моделей и применимость разработанных алгоритмов.

Научные положения апробированы при выступлениях с докладами на международных и российских конференциях; опубликованы в рецензируемых научных журналах. Сформулированные автором выводы полностью основаны на полученных в диссертации результатах.

Рекомендации по практическому использованию результатов. Разработанная в диссертационной работе методика оценки воздействия на окружающую среду химических веществ может быть эффективно использована лицами принимающими решения любого уровня, при составлении планов действий по предотвращению и снижению вредных воздействий на окружающую среду.

Замечания по тексту диссертации:

1. В аналитическом обзоре (глава 1) не отражена в достаточной мере современная классическая научно-техническая литература по методам и моделям оценки химической нагрузки и определения концентраций химических веществ в различных объектах окружающей среды. Практически не уделено внимание основополагающим исследованиям по математическому моделированию межсредового переноса в окружающей среде.

2. По оценкам адекватности разработанных автором математических моделей и алгоритмов:

- представленные в главе 2 и реализованные на практике в главе 5 модели и алгоритмы ориентированы на вычисления воздействия только от стационарных и постоянно действующих источников, не включают операции учета возможного изменения поступления химических веществ с течением времени;
- в результатах практического применения методики системного анализа взаимосвязей между экологическими, экономическими и социальными показателями обращения химических веществ в РФ (глава 3 п. 3.2) и системного анализа необходимости активного использования российскими химическими предприятиями «зеленых» технологий для снижения объемов производства и потребления опасных химических веществ (глава 3 п. 3.3) отсутствуют расчеты эколого-экономического ущерба;
- визуально не представлены подробно результаты оценки воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений (см. главу 7) с использованием ГИС на соответствующих картах химической нагрузки.

3. Требуется пояснение (стр.144 диссертации) п.3.1 расчета эффективности природоохранных мероприятий Этапа 3 ЛВА-1. Что автор понимает под «множеством сложных кривых», как строится линия тренда?

4. Требуется пояснение графиков представленных на Рис. 4.2 (стр. 145 диссертации). Какая переменная откладывается по оси абсцисс? Чем вызван 10-летний период анализа данных? Как соотносятся полученные линии тренда с данными химических предприятий?

5. В список условных обозначений (стр.277 диссертации) желательно было внести принятые при описании ЛВА обозначения переменных, включая индексы.

Заключение

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников **05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология)»** 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 создания логико-информационных моделей поступления в окружающую среду ртути и ее соединений (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 окружающую среду (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 с использованием геоинформационных систем (глава 2, раздел 2.4); обработки информации о воздействии на окружающую среду пред-приятий химического комплекса и смежных отраслей (глава 4, раздел 4.1); поддержки принятия решений по выбору наиболее безопасных для окружающей среды ресурсоэнергоэффективных химико-технологических систем (глава 4, раздел 4.2); приоритетности по уровню опасного воздействия на окружающую среду химических веществ в глобальном и региональном масштабах (глава 4, раздел 4.3); многокритериального анализа вариантов эквивалентной замены опасных для окружающей среды химических веществ (глава 4, раздел 4.4); системного подхода к принятию решений по приобретению дополнительных данных о поступлении в окружающую среду ртути и ее соединений от различных природно-техногенных источников (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 РФ (глава 3, раздел 3.2);
- **пункту 12** - «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации» в части разработки методик: оценки и визуализации основных источников поступления в окружающей среде ртути и ее соединений с использованием географических информационных систем (глава 5, раздел 5.1); поиска, обработки и визуализации информации о фактическом содержании в подсистемах окружающей среды ртути и ее соединений (глава 5, раздел 5.3) с использованием геоинформационных систем; разработки и компьютерного анализа различных сценариев поступления в окружающую среду ртути (глава 7, раздел 7.1);
- **пункту 13** - «Методы получения, анализа и обработки экспертной информации» в части разработки методик: сбора и обработки информации от населения о воздействии химических веществ (глава 3, раздел 3.4); проведения системного анализа актуальности активного использования российскими химическими предприятиями «зеленых» технологий для снижения объемов производства и потребления опасных химических веществ (глава 3, раздел 3.3).

Материалы диссертации освещены в 70 научных трудах, из них 19 публикаций в журналах, индексируемых в международных системах SCOPUS и Web of Science; 10 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых Высшей Аттестационной Комиссией Министерства образования и науки РФ. Получено 1 патент, 3 свидетельства о регистрации программ.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Рецензируемая диссертационная работа Макаровой А.С. в которой предложена совокупность научно-обоснованных технологических, технических и программно-информационных

разработок по методическому обеспечению и компьютерным инструментам системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду ртути и ее соединений является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне; обладающей новизной и имеющей важное социально-экономическое значение в области создания экологических безопасных предприятий химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Таким образом, диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), а автор работы, Макарова Анна Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология).

Заведующий кафедрой Системотехники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический
университет» («КНИТУ»),
д.т.н., профессор



Н.Н. Зиятдинов

Зиятдинов Надир Низамович, Специальность 05.13.01

Адрес: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

Тел.: +7 (843) 231-41-95, e-mail: nnziat@yandex.ru

