



# ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1. Сложившиеся тенденции и современный уровень решения проблемы в стране и за рубежом

Практическая реализация стратегических направлений развития энергетики (экология, энергобезопасность, энергоэффективность и энергосбережение) в значительной степени связана с внедрением новых технологий, поиском новых нетрадиционных способов получения, передачи и сбережения тепловой и электрической энергии, повышения КПД установок и надежности оборудования. Научное обеспечение решения отмеченных задач включает, в том числе, наличие достоверных данных по комплексу теплофизических свойств рабочих тел и конструкционных материалов; изученность поведения свойств в области фазовых превращений, а также апробированных методов их расчета или прогнозирования при произвольных параметрах состояния. В настоящее время исследования в этой области еще далеки от своего завершения. С появлением новых экологических и экономических требований к энергетике в целом и, соответственно, к применяемым теплоносителям и материалам, задачи получения достоверной информации расширяются и обновляются. В частности, внедрение в практику новых экологически чистых фреонов на основе фторорганических соединений для холодильной и теплонасосной техники осложняется отсутствием надежных данных по их теплофизическим свойствам в широкой области параметров состояния, включая области плавления-кристаллизации и критическую точку. Перспективы развития ядерных реакторов на быстрых нейтронах ставят задачи комплексного исследования жидкометаллических теплоносителей и разработки методов прогнозирования их эксплуатационных свойств.

С научной точки зрения исследование свойств термодинамических систем, состоящих из большого числа сильно взаимодействующих частиц вблизи границ устойчивости фаз, является одной из важнейших фундаментальных проблем современной физики и химии. Решение соответствующих задач из "первых принципов" в настоящее время невозможно из-за общей неполноты знаний, недостаточной адекватности моделей и огромных математических трудностей при их использовании. В этой ситуации построение новых физических моделей, которые позволили бы описывать поведение таких систем в широком интервале параметров состояния, включающем критическую точку, возможно только на базе надежных экспериментальных данных. Они также являются основой для развития методик достоверной оценки свойств по ограниченному объему экспериментальной информации. Выполнение таких исследований возможно только

при наличии достоверных, термодинамически согласованных данных и возможности их анализа при произвольных параметрах состояния, включая линии фазовых равновесий. Такой подход, кроме выполнения экспериментальных исследований, предполагает проведение экспертной оценки существующего массива результатов измерений с обоснованным выбором рекомендуемых значений и оценкой их погрешностей, обработку разнородных данных с помощью физически обоснованных и термодинамически согласованных моделей, а также построение информационной системы, которая дает возможность оперативного получения данных по свойствам веществ при произвольных значениях температур, давлений и составов.

В последнее время в мире разрабатываются и используются специализированные коммерческие пакеты программ (например, REFPROP, созданный в Национальном институте стандартов и технологий США), которые позволяют получать данные по теплофизическим свойствам для некоторых классов веществ и материалов. В России это направление пока не получило заметного распространения. Следует заметить, что опыт практического использования таких программ выявил их существенные недостатки. Они не дают доступа к таблицам первичных экспериментальных данных, не позволяют выбирать модели для их обработки, используемые модели не являются физически обоснованными, что не позволяет проводить экстраполяцию данных, отсутствует реальная возможность прогнозирования свойств и т.д. Все это делает их пригодными только для проведения инженерных расчетов, а не научных исследований. Информационная система, которая объединит достоинства существующих кодов и устранит перечисленные выше недостатки, будет являться важным инструментом для развития теорий свойств веществ и фазовых превращений.

## **2. Оценка уровня проделанной работы в этом направлении в СО РАН**

К настоящему времени в Сибирском отделении достигнуты значительные успехи в области экспериментальных и теоретических исследований по тематике проекта.

В ИТ СО РАН разработаны новые методы исследования термических, калорических и переносных свойств веществ и материалов, ликвационных явлений и взаимной диффузии в бинарных расплавах, фазовых равновесий между твердыми и жидкими фазами в металлических системах, а также между жидкими и паровыми фазами в органических и фторорганических системах. Проведены прецизионные измерения свойств и фазовых диаграмм ряда жидкометаллических систем и большой группы новых хлада-

гентов в широких интервалах параметров состояний, в результате которых получены впервые или существенно уточнены данные по свойствам и положению линий фазовых равновесий. Обнаружено замедление диффузии в системе  $\text{Bi-Ga}$  при приближении к критической точке расслоения, а также аномальное концентрационное изменение теплопроводности растворов металлических расплавов. Полученные систематические экспериментальные данные позволили получить новые обобщающие зависимости, разработать новые методы прогнозирования свойств веществ в твердом, жидком и парообразном состояниях, а также провести ревизию ряда бинарных фазовых диаграмм.

В ИИХ СО РАН традиционно проводятся экспериментальные и теоретические исследования газов и газовых смесей в широкой области изменения параметров состояния. Получены прецизионные термические данные для двуокиси углерода, растворов двуокись углерода – аргон, двуокись углерода – неон, двуокись углерода – ксенон, двуокись углерода – гелий. Разработано сингулярное непараметрическое уравнение состояния, описывающее поведение давления и теплоемкости жидкостей в достаточно широкой окрестности критической точки. Это уравнение, в отличие от предлагавшихся ранее параметрических уравнений состояния, в явном виде связывает входящие в него термодинамические переменные, что существенно облегчает аппроксимацию им экспериментальных данных. Проведена аппроксимация предложенным уравнением состояния как собственных  $PVT$  – данных, так и данных других авторов. Среднеквадратичное отклонение результатов аппроксимации не превышает экспериментального разброса обрабатываемых данных. Проведены предварительные исследования возможности объединения масштабного уравнения состояния с уравнениями, описывающими регулярное поведение жидкостей вдали от критических точек. Начато рассмотрение адекватности регулярных уравнений состояния, предлагаемых разными авторами, как экспериментальным данным, так и физическому смыслу предположений, закладываемых в них.

В ИИТ СО РАН создан прототип распределенной информационной системы на основе выделенных информационных центров, реализующих базовые функции обработки информации на основе международных стандартов и открытых протоколов Z39.50, HTTP, LDAP. Разработаны и теоретически обоснованы информационные модели, структуры и алгоритмы, лежащие в основе распределенной информационной системы. Показана возможность построения типового информационного центра на основе открытого или свободно распространяемого программного обеспечения. Разработана модель контроля доступа к разнородным информационным ресурсам на основе технологий LDAP.

Модель основана на тесном взаимодействии корпоративных информационных сервисов с корпоративными справочными данными, хранящими в распределенных каталогах. Создан прототип унифицированного центра доступа к распределенным информационным ресурсам, прототип введен в опытную эксплуатацию в ИВТ СО РАН. Создана модель центра хранения данных для компьютерного анализа и моделированию тематических систем. Разработана модель типового локального центра сбора и хранения данных для обеспечения надежности хранения экспериментальных данных, полученных с помощью высокопроизводительных экспериментальных методов в ЦКП «ГЕНОМИКА» и «ПРОТЕОМИКА», и организация доступа к высокопроизводительным вычислительным ресурсам ССКЦ и ЦКП «БИОИНФОРМАТИКА». Создан пилотный вариант информационно-аналитического Интернет-портала для решения задач эколого-экономического моделирования. Разработаны алгоритмы извлечения характеристик отражения подстилающей поверхности Земли из данных космических наблюдений и организован доступ к этим данным. Разработана интерактивная среда и, в рамках распределенной Информационной среды, для удаленного доступа и обработки временных рядов измерения субмикронной фракции атмосферных аэрозолях (АА). Разработаны алгоритмы обработки биологических (биосубстраты) и ботанических данных с использованием сервера геопространственных данных. Разработан вычислительный алгоритм восстановления значений концентрации газовых составляющих на примере парникового газа  $\text{CO}_2$  в узлах сетки выбранного региона по спутниковым данным о лесных пожарах и метеорологической информации. Создан электронный атлас «Атмосферные аэрозоли Сибири» (<http://web.ict.nsc.ru/aerosol>).

Работы участников предлагаемого проекта в области исследования свойств и создании информационно-вычислительных систем хорошо известны и высоко оцениваются специалистами в стране и за рубежом. Полученные результаты опубликованы в ведущих научных журналах, монографиях и вошли в авторитетные справочные издания России, США, Японии и Европы.

### **3. Цели и предполагаемые результаты исследований по этапам реализации проекта**

Основная цель проекта состоит в экспериментальном исследовании фазовых равновесий и свойств хладагентов и жидкометаллических теплоносителей в широких интервалах параметров состояния, построении физически обоснованных моделей обработ-

ки данных, получении обобщающих зависимостей для прогнозирования свойств и фазовых диаграмм неисследованных веществ, а также создании информационной системы, которая обеспечивает новые возможности для выполнения этих работ.

На первом этапе выполнения проекта предполагается провести дооснащение экспериментальных стендов, начать сбор и анализ литературных данных по свойствам теплоносителей, получить новые экспериментальные данные по свойствам хладагентов и жидкометаллических систем. Предполагается получение оригинального объединенного непараметрического уравнения состояния для описания как сингулярного поведения равновесных термодинамических свойств магнетиков и жидкостей вблизи критических точек, так и их регулярного поведения. При этом будет рассмотрен вопрос об обоснованности различных регулярных уравнений состояния. Проведены аппроксимации полученным уравнением экспериментальных *PVT* зависимостей He-4, H<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, при которых будут определены системно-зависимые подгоночные константы, необходимые для вычисления калорических свойств жидкостей. Будет построена онтологическая спецификация понятий, их свойств и связей предметной области.

На втором этапе будут продолжены измерения свойств и фазовых равновесий, а также работы по сбору и анализу экспериментальных данных. Будут установлены общие закономерности изменения термодинамических и переносных свойств смесевых и индивидуальных хладагентов. Разработано калорическое уравнение состояния, позволяющее вычислить теплоемкость веществ по их *PVT*-данным. Создан пилотный вариант информационно-аналитической системы и проведена ее и опытная эксплуатация.

На третьем этапе будут завершены экспериментальные исследования теплоносителей и формирование массива исходных экспериментальных данных, получены обобщающие зависимости свойств от параметров состояния и химического состава, а также разработаны методы прогнозирования свойств новых веществ.

В результате выполнения работ будут:

создана современная экспериментальная база для комплексного исследования теплоносителей в широких интервалах параметров состояния; получены новые экспериментальные данные по свойствам и фазовым превращениям твердых, жидких и парообразных хладагентов и жидкометаллических систем; исследованы кинетика гомогенизации расплавов и ликвационные явления при плавлении-кристаллизации; определены или уточнены критические параметры критических точек испарения и расслоения; уточнены фазовые диаграммы; получены обобщающие зависимости свойств и разработаны методы

их прогнозирования для новых веществ данных классов в широких интервалах параметров состояния; разработана информационно-аналитическая система (ИАС) для хранения, обработки и интерпретации полученных в экспериментах массивов данных, с использованием моделей и алгоритмов поиска функциональных взаимосвязей и визуализации.

Для всех этапов проекта предполагается представление результатов исследований на конференциях и их публикация в российских и международных журналах.

По мнению авторов проекта, его выполнение позволит значительно расширить имеющиеся в литературе сведения по свойствам жидкометаллических и органических теплоносителей. Многие данные будут получены впервые или существенно уточнены и будут иметь уровень справочных данных. В целом, решение поставленных в проекте задач позволит поднять состояние экспериментальных и теоретических исследований в этой области знаний на качественно новый уровень по сравнению с мировым.

#### **4. Имеющаяся материально-техническая база, ее соответствие поставленным задачам**

Для проведения экспериментальных исследований институты, участвующие в проекте, располагают рядом уникальных установок, на которых уже выполнены систематические исследования структуры, свойств и фазовых диаграмм широкого спектра материалов. Среди них три сканирующих гамма-плотномера оригинальной конструкции, предназначенные для исследования фазовых диаграмм, ликвидационных явлений и термических свойств твердых фаз и расплавов: (диапазон температур 20...2200°C, не имеющие аналогов в России и в мире по исследуемым интервалам параметров состояния и некоторым другим характеристикам и комплекс измерителей теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности твердых и жидких веществ в широких интервалах параметров состояния (- 150... + 2000°C). В лабораториях разработаны и действуют установки дифференциально-термического анализа, комплекс калориметрических установок для определения термодинамических свойств веществ в интервале температур 150÷2000 К – калориметр смешения, дифференциальный сканирующий калориметр DSC-404F1, а также dilatометр DIL-402C. Участники проекта располагают оригинальными установками для измерения *PVT*-зависимостей жидкостей при температурах от 3 до 10 К и от -10°C до +100°C и для исследования релаксационных явлений в жидкостях. В ИВТ СО РАН на базе системы хранения данных общим объемом памяти

более 40 Тбайт разработаны алгоритмы каталогизации содержимого электронного архива. Институт располагает и высокопроизводительными кластерами с соответствующим программным обеспечением для проведения эффективных расчетов.

Имеющаяся материально-техническая база институтов дополняет друг друга, полностью соответствует поставленным задачам и, при незначительной модернизации и замены части устаревшего оборудования, позволит успешно выполнить данный проект.

## **5. Качественный и количественный состав предполагаемых исполнителей**

Институты Сибирского отделения, принимающие участие в данном проекте, располагают основными и необходимыми ресурсами для успешного решения поставленных задач. Работу над ним будет вести творческий коллектив в составе 35 человек. Среди них 12 докторов и 12 кандидатов наук, длительное время работающих в данных областях науки, а также 9 молодых ученых, аспирантов и студентов. Основные исполнители обладают опытом проведения экспериментальных и теоретических исследований по тематике проекта, а также опытом разработки алгоритмов и программ обработки больших массивов разнородных термодинамических данных.

## **НАУЧНЫЕ КООРДИНАТОРЫ ПРОЕКТА**

Станкус Сергей Всеволодович

Барахнин Владимир Борисович

## **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТА, СРОКИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ**

*Этап 1. Январь 2012 – декабрь 2012 г.*

**Блок 1.** Модернизация экспериментальных стендов под задачи проекта, создание установки для приготовления гомогенных сплавов в контролируемой атмосфере. Экспериментальное исследование термических свойств эвтектических сплавов систем In-Sn и Bi-In-Sn, калорических и переносных свойств системы Bi-In в твердом и жидком состояниях (293 – 1000 К), фазового равновесия жидкость-пар перфторгексана и комплекса свойств одного хладагента системы R22 – R142b в паровой фазе. Разработка таблицы справочных данных и построение температурно-концентрационных зависимостей свойств. Сбор и анализ литературных данных по свойствам теплоносителей в широких интервалах параметров состояния, включая области фазовых переходов первого и второго родов.



Блок 2. Вывод оригинального объединенного уравнения состояния для описания как сингулярных свойств поведения равновесных термодинамических свойств магнетиков и жидкостей вблизи критических точек, так и их регулярного поведения. Рассмотрение вопроса о физической обоснованности различных типов регулярных уравнений состояния. Сбор и анализ наиболее надежных литературных данных. Проведение аппроксимации полученным уравнением таких данных.

Блок 3. Построение онтологической спецификации понятий, их свойств и связей предметной области. Разработка модели и схемы данных в соответствии с международными стандартами и рекомендациями. Выбор алгоритмов анализа данных и проверка их эффективности. Отладка технологии обработки вычислительных задач на удаленных системах и кластерах. Проведение сравнительного анализа компонент проектирования и эксплуатации интегрированных распределенных информационных систем. Организация взаимодействия с удаленными системами хранения данных и организация совместного поиска с удаленными системами.

#### Этап 2. Январь 2013 – декабрь 2013 г.

Блок 1. Измерения термических свойств и взаимной диффузии жидких сплавов системы калий-свинец для составов, важных с практической точки зрения (предлагаемых в качестве новых теплоносителей для ядерных реакторов). Уточнение фазовой диаграммы системы и исследование процессов ликвации. Измерение коэффициентов температуропроводности и теплопроводности жидких эвтектических и околоэвтектических сплавов Bi-Pb, In-Sn в широком интервале температур. Установление общих закономерностей и разработка методов прогнозирования плотности и теплопроводности свойств смесевых и индивидуальных хладагентов.

Блок 2. Получение калорического уравнения состояния, позволяющего определить теплоемкость жидкостей в широких интервалах изменения параметров состояния по известным *PVT*-данным. Проверка адекватности описания этим уравнением экспериментальных данных по теплоемкости, в том числе и в критической области. Расчет кинетических свойств жидкостей с привлечением полученных в проекте уравнений состояния. Разработка архитектуры хранилища данных (схемы данных и структура базы данных экспериментальных исследований). Выбор среды визуального представления сведений о теплофизических свойствах, позволяющей выполнить предметный анализ. Реализация алгоритмов анализа данных. Создание пилотного варианта информационно-аналитической системы и ее опытная эксплуатация.

Блок 3. Разработка архитектуры хранилища данных (схемы данных и структура базы данных экспериментальных исследований). Выбор среды визуального представления сведений о теплофизических свойствах, позволяющей выполнить предметный анализ. Реализация алгоритмов анализа данных. Создание пилотного варианта информационно-аналитической системы и ее опытная эксплуатация.

Этап 3. Январь 2014 – декабрь 2014 г.

Блок 1. Экспериментальное исследование термических свойств эвтектической системы Li-Pb в широких интервалах температур и концентраций, включающих твердое и жидкое состояния. Уточнение фазовой диаграммы системы и исследование процессов ликвации. Измерение коэффициентов температуропроводности и теплопроводности жидких эвтектических и околоэвтектических сплавов Mg-Pb, Bi-Sn. Разработка методов прогнозирования калорических и переносных свойств сплавов, установление взаимосвязи структуры и фазовых диаграмм с термодинамическими и кинетическими свойствами.

Блок 2. Обработка полученными уравнениями наиболее точных экспериментальных данных, оценка их достоверности. Прогнозирование термодинамических (термических и калорических) свойств важных для практического применения жидкостей; составление таблиц этих свойств.

Блок 3. Разработка человеко-машинных интерфейсов работы приложений и с локальными и удаленными системами хранения данных с целью обеспечения наиболее удобных условий для работы пользователя при решении задач поиска, сравнительного анализа и обработки. Проведение исследований работоспособности и функциональной способности информационно-аналитической системы. На базе выбранных алгоритмов установить взаимосвязь структуры и фазовых диаграмм с термодинамическими и кинетическими свойствами.

### **ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ БЛОКОВ ПРОЕКТА**

Блок 1. Ответственный исполнитель: д.ф.-м.н., зам. директора С.В. Станкус, Институт теплофизики им С.С. Кутателадзе СО РАН.

Блок 2. Ответственный исполнитель: д.ф.-м.н., зав. отделом В.Г. Мартынец, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН.

Блок 3. Ответственный исполнитель: зам. директора, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. А.М. Федотов, Институт вычислительных технологий СО РАН.

## ОБЪЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОЕКТА

Объем финансирования по конкурсу, необходимый для выполнения проекта, составляет 12000 тыс. руб., в том числе 3200 тыс. руб. на 2012 год. Дополнительное финансирование необходимо для модернизации экспериментальных установок, участия в работе российских и международных конференций, приобретения металлов высокой чистоты, тиглей, конструкционных материалов, датчиков температуры, расходных материалов и измерительных приборов нового поколения, замены устаревшего или изношенного оборудования и вычислительной техники, приобретения лицензионных программных продуктов, особенно иностранного производства, а также для привлечения молодых сотрудников и повышения заработной платы. Примерная смета расходов (в тыс. руб.) приведена ниже.

| <i>Код по<br/>КПС</i> | <i>2012</i> | <i>2013</i> | <i>2014</i> | <i>Итого</i> |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 211+213               | 2200        | 2800        | 3400        | 8400         |
| 212                   | 60          | 70          | 80          | 210          |
| 222                   | 150         | 175         | 200         | 525          |
| 226                   | 150         | 200         | 250         | 600          |
| 290                   | 90          | 120         | 150         | 360          |
| 310                   | 300         | 400         | 450         | 1150         |
| 340                   | 250         | 235         | 270         | 755          |
| <b>Итого:</b>         | <b>3200</b> | <b>4000</b> | <b>4800</b> | <b>12000</b> |

## ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРОЕКТУ

Результаты проведенной работы по каждому этапу проекта представляются в виде краткого изложения основных результатов работ в реферативной форме. По завершению всего проекта представляется полный общий отчет. Кроме того, по мере выполнения исследований, предполагается подготовка и публикация материалов в различных печатных изданиях.

## НАУЧНЫЕ КООРДИНАТОРЫ ПРОЕКТА

Станкус Сергей Всеволодович родился 30 января 1952 г. в г. Иркутске, русский. В 1974 году закончил Новосибирский госуниверситет, физический факультет. Доктор физико–математических наук ("Термодинамические свойства и фазовые превращения редких элементов, их сплавов и соединений в конденсированном состоянии", 1992 г.), заместитель директора Института теплофизики СО РАН (с 1998 г.). Специалист в области теплофизики и термодинамики. Автор и соавтор более 250 печатных работ. Основные достижения в области фундаментальных исследований связаны с изучением термодинамических свойств и фазовых превращений веществ и материалов в твердом и жидком состояниях, а также основных закономерностей их изменения в зависимости от электронной и кристаллической структур, фазового и химического составов. В прикладном аспекте основные усилия направлены на исследование редкоземельных и переходных металлов, полупроводников, сплавов, оксидных и солевых кристаллообразующих систем, используемых в энергетике, лазерной технике, оптике и микроэлектронике. С.В. Станкус внес значительный вклад в разработку экспериментальных методов, в частности, гамма-метода исследования гомогенных и гетерогенных материалов.

Станкус С.В. – заместитель главного редактора журнала «Теплофизика и Аэромеханика», член редколлегии международного журнала «High Temperatures – High Pressures», член Бюро Национального комитета РАН по теплофизическим свойствам веществ, член Объединенного ученого совета по механике и энергетике СО РАН, член Ученого совета Института теплофизики СО РАН и докторского диссертационного совета при ИТ СО РАН, а также заместитель председателя физико-технической секции РИСО СО РАН.

*Список важнейших публикаций за 2007-2011 гг.*

1. Khairulin R.A., Stankus S.V., Gruzdev V.A. Liquid-liquid coexistence curve of n-perfluorohexane – n-hexane system // International Journal of Thermophysics. – 2007. – Vol. 28, No. 4. – P. 1245-1254.
2. Stankus S.V., Khairulin R.A. Density and phase diagram of the magnesium–lead system in the region of Mg<sub>2</sub>Pb intermetallic compound // Thermochimica Acta. – 2008. – Vol. 474, No. 1-2. – P. 52–56.
3. Станкус С.В., Савченко И.В. Измерение коэффициентов переноса тепла жидких металлов методом лазерной вспышки // Теплофизика и аэромеханика. – 2009. – Т. 16, № 4. – С. 625-632.

4. Stankus S.V., Khairulin R.A. Density of Vapor and Liquid Pentafluorobenzene along the Saturation Line // International Journal Thermophysics. – 2010. – Vol. 31, № 11-12. – P. 2078-2085.
5. Станкус С.В., Хайрулин Р.А., Мозговой А.Г. Экспериментальное исследование плотности и термического расширения перспективных материалов и теплоносителей жидкометаллических систем термоядерного реактора. Литий // Теплофизика высоких температур. – 2011. – Т. 49, № 2. – С. 196-200.

Барахнин Владимир Борисович родился 3 сентября 1969 г. в г. Болотное Новосибирской области. В 1991 году закончил Новосибирский госуниверситет, механико-математический факультет. Доктор технических наук ("Программные системы информационного обеспечения научной деятельности: модели, структуры и алгоритмы", 2011 г.), старший научный сотрудник Института вычислительных технологий СО РАН (с 1993 г.). Специалист в области прикладной математики и теоретических основ информатики. Автор и соавтор более 100 печатных работ.

Барахнин В.Б. – член Ученого совета Института вычислительных технологий СО РАН и заведующий кафедрой Высшего колледжа информатики при Новосибирском государственном университете.

*Список важнейших публикаций за 2007-2011 гг.*

1. *Леонова Ю.В., Барахнин В.Б., Федотов А.М.* On the problem of modeling of the horizontal relations between documents // Вычислительные технологии. - 2007. - Т.12. - № 1. - С.3-11.
2. *Барахнин В.Б., Федотов А.М.* Исследование информационных потребностей научного сообщества для построения информационной модели описания его деятельности // Вестник НГУ. - 2008. - Т.6. - № 3. - С.48-59.
3. *Федотов А.М., Барахнин В.Б.* К вопросу о поиске документов «по аналогии» // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. - 2009. - Т.7. - № 4. - С.3-14. - ISSN 1818-7900.
4. *Шокин Ю.И., Федотов А.М., Барахнин В.Б.* Технология создания программных систем информационного обеспечения научной деятельности, работающих со слабоструктурированными документами // Вычислительные технологии. - 2010. - Т.15. - № 6. - С.111-125.
5. *Федотов А.М., Барахнин В.Б., Жижимов О.Л., Федотова О.А.* Технология создания корпоративных информационных систем учета трудов научных работников // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. - 2011. - Т.9. - № 2. - С.31-41. - ISSN 1818-7900.

**АДРЕСНЫЕ ДАННЫЕ НАУЧНОГО КООРДИНАТОРА, УЧЕНОГО СЕКРЕТАРЯ И ОТВЕТСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ БЛОКОВ ПРОЕКТА**

**Научные координаторы проекта:**

заместитель директора Института теплофизики (ИТ) СО РАН,  
д.ф.-м.н. Станкус Сергей Всеволодович,  
630090, Новосибирск пр. Академика Лаврентьева, 1  
Тел.: 8(383) 336 07 06, Факс: 8(383) 330 84 80, e-mail: [stankus@itp.nsc.ru](mailto:stankus@itp.nsc.ru).

с.н.с Института вычислительных технологий (ИВТ) СО РАН,  
д.т.н. Барахнин Владимир Борисович  
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6  
Тел.: (383) 333 35 21, Факс: (383) 330 72 64, e-mail: bar@ict.nsc.ru

**Ученый секретарь проекта:**

с.н.с Института вычислительных технологий (ИВТ) СО РАН,  
к.ф.-м.н. Молородов Юрий Иванович  
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6  
Тел.: (383) 334 91 22, Факс: (383) 330 72 64, e-mail: yumo@ict.nsc.ru

**Ответственные исполнители блоков проекта:**

Заведующий отделом Института неорганической химии (ИНХ) СО РАН,  
д.ф.-м.н. Мартынец Виктор Гаврилович  
630090 Новосибирск, пр. Академика, Лаврентьева, 3  
Тел.: (383) 330 75 27, Факс: (383) 330-94-89, e-mail: [mart@niic.nsc.ru](mailto:mart@niic.nsc.ru)

Заместитель директора Института вычислительных технологий (ИВТ) СО РАН,  
чл.-корр. РАН Федотов Анатолий Михайлович  
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6  
Тел.: (383) 330 73 51, Факс: (383) 330 63 42, e-mail: fedotov@ict.nsc.ru