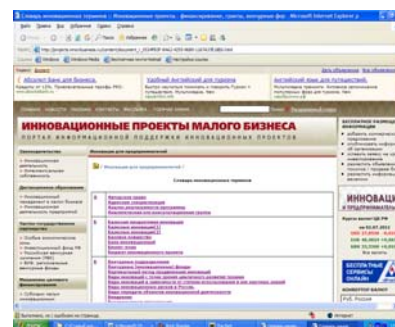
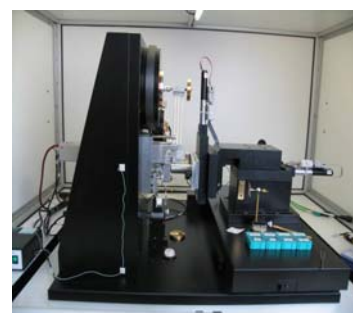
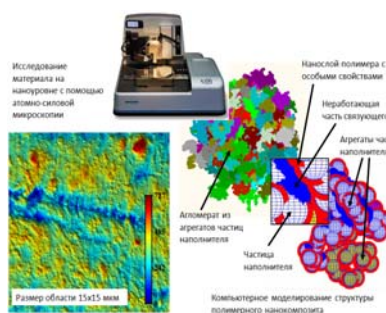
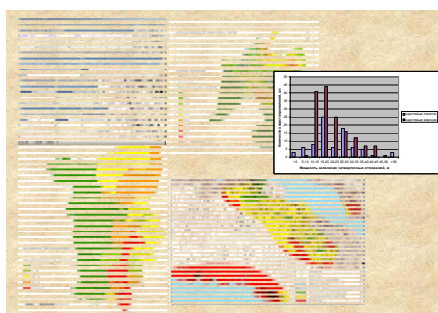


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет»**



**ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ И СОЦИАЛЬНО-
ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ:
СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ
для реализации приоритетного направления развития
«Рациональное природопользование: технологии
прогнозирования и управления природными и
социально-экономическими системами»**



Пермь 2011

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет»**

**ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ И СОЦИАЛЬНО-
ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ:
СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ
для реализации приоритетного направления развития
«Рациональное природопользование: технологии
прогнозирования и управления природными и
социально-экономическими системами»**

Пермь 2011

УДК 001.08
ББК 72в7
П78

Прогноз и управление природными и социально-экономическими системами: современный инструментарий, методы, технологии для реализации приоритетного направления развития «Рациональное природопользование: технологии прогнозирования и управления природными и социально-экономическими системами» / сост. В.Н. Катаев, Н.И. Литвиненко, Д.В. Любимов, В.П. Максимов; под общ. ред. В.Н. Катаева; Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2011. – 160 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-1725-8

Приведены базовые положения технологий и методов, разработанных учеными Пермского государственного университета и направленных на решение проблем прогноза и управления природными и социально-экономическими системами. Описание структурировано соответственно основным направлениям научной деятельности Научно-образовательных комплексов, созданных и совершенствуемых в рамках Программы развития национального исследовательского университета. Описание содержит возможности приобретенного оборудования и созданных лабораторных комплексов.

Издание предназначено для научных работников и профессорско-преподавательского состава вузов, научных институтов, зарубежных научных и научно-образовательных центров, а также работников сферы управления высшим профессиональным образованием, руководителей и работников организаций, действующих в сфере внедрения инновационной и наукоемкой продукции.

УДК 001.08
ББК 72в7

Печатается по решению ученого совета Пермского государственного национального исследовательского университета

ISBN 978-5-7944-1725-8

© Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
I. Научно-образовательный комплекс «Технологии изучения, освоения, прогнозирования и управления георесурсами и геосистемами»	8
I.1. Направление научной деятельности «Геофизические технологии при поисках и разработке месторождений нефти, калийно-магниевых солей и оценке их техногенного воздействия».....	8
I.2. Направление научной деятельности «Геоэкология городов. Разработка теории и методологии применения пространственно-временных прогнозов проявления опасных геологических процессов в пределах градопромышленных агломераций».....	10
I.3. Направление научной деятельности «Разработка теоретических основ формирования ресурсов, режима и состава подземных вод и современных методов поисков, разведки и оценки эксплуатационных запасов месторождений подземных вод».....	12
I.4. Направление научной деятельности «Оценка и комплексное освоение полезных ископаемых с мелкими зёрнами ценных минералов на основе новых технологий».....	14
I.5. Направление научной деятельности «Разработка теоретических проблем нефтегазовой геологии и геохимии глубоководных отложений и технологические аспекты»	21
I.6. Направление научной деятельности «Мониторинг и прогнозирование состояния атмосферы».....	24
I.7. Направление научной деятельности «Геоинформационное и математико-картографическое моделирование геосистем и комплексов».....	26
II. Научно-образовательный комплекс «Моделирование и управление физическими и химическими процессами, развитие технологий»	30
II.1. Направление научной деятельности «Моделирование термомеханического поведения материалов, конструкций, природных и техногенных объектов с учетом сопутствующих химических и физических явлений».....	30
II.2. Направление научной деятельности «Новые полифункциональные материалы, ресурсосберегающие химические технологии, методы экологического мониторинга».....	47
II.3. Направление научной деятельности «Конвективная и гидродинамическая неустойчивость. Гидродинамика многофазных сред. Вибрационная гидродинамика».....	63
II.4. Направление научной деятельности «Моделирование, анализ и управление сложными динамическими системами»	72
II.5. Направление научной деятельности «Исследование ориентационных и структурных неустойчивостей и переходов в мягких конденсированных средах»	94
II.6. Направление научной деятельности «Структура и физические свойства твердых тел»	97
II.7. Направление научной деятельности «Изучение гидрологии водохранилищ и охрана водных ресурсов».....	100
III. Научно-образовательный комплекс «Наукоёмкие технологии управления живыми системами»	104
III.1. Направление научной деятельности «Физиолого-биохимические и генетические механизмы бактериального биосинтеза и консервации органических соединений».....	104
III.2. Направление научной деятельности «Геномные и постгеномные технологии».....	106
III.3. Направление научной деятельности «Иммунологические механизмы регуля-	109

ции взаимодействий микро- и макроорганизмов».....	
III.4. Направление научной деятельности «Разработка научно обоснованных технологий идентификации биомаркеров ранних экообусловленных нарушений состояния здоровья и развития неинфекционной патологии человека».....	113
III.5. Направление научной деятельности «Экология почв»	115
III.6. Направление научной деятельности «Биоразнообразие сосудистых растений Пермского края и его изменения при антропогенном воздействии»	120
III.7. Направление научной деятельности «Структура, динамика и рациональное использование сообществ наземных беспозвоночных»	121
III.8. Направление научной деятельности «Технологии оценки и управление рисками в наземных экосистемах»	122
IV. Научно-образовательный комплекс «Прогнозирование и управление процессами социально-экономического развития стран и территорий на основе современных информационных технологий».....	126
IV.1. Направление научной деятельности «Математическое моделирование и информационные технологии в задачах прогнозирования и управления социально-экономическим развитием стран и территорий»	126
IV. 2. Направление научной деятельности «Модернизация национальной экономики как основа стратегической инновационной конкурентоспособности»	127
IV. 3. Направление научной деятельности «Формирование российской постиндустриальной модели управления как ключевого фактора национальной инновационной конкурентоспособности».....	143
IV.4. Направление научной деятельности «Принципы и механизмы государственного управления экономикой на региональном уровне с учетом кластерного подхода».....	145
IV.5. Направление научной деятельности «Разработка и реализация комплексных маркетинговых стратегий существующих и потенциальных агропродовольственных рынков»	148
IV.6. Направление научной деятельности «Прогнозирование развития человеческого потенциала регионов на основе современных информационных технологий»	150
IV. 7. Направление научной деятельности «Изучение территориальных общественных систем»	152
Summary	157

Введение

Одной из главных целей Программы развития университета как «национального исследовательского» является достижение университетом уровня мировых ведущих научных организаций, обладающих современным, эффективным и планомерно развивающимся лабораторно-аналитическим комплексом, обеспечивающим выполнение научных исследований и создание высокотехнологичных разработок, адаптированной инновационной системой, гибкой структурой, позволяющими в ближайшей перспективе преобразовать научный потенциал университета в ведущий ресурс его развития.

Даная цель во многом определяет ряд важных функций в миссии Пермского государственного национального исследовательского университета:

- быть проводником федеральной научно-технической и инновационной политики в Пермском крае;

- удовлетворять потребности общества в получении новых знаний и подготовке высококвалифицированных специалистов, производстве высокоинтеллектуальных товаров и услуг;

- удовлетворять потребности региона в проведении научно-исследовательской, опытно-конструкторской, инновационной деятельности в сфере социально-экономических приоритетов.

Для развития университета в новом качестве имелись и в настоящее время укрепляются, создаются новые и совершенствуются объективные предпосылки. Эти предпосылки определены развитой многоаспектной функциональной научно-образовательной инфраструктурой; большим научным потенциалом и высокой степенью квалификации научно-педагогического коллектива; наличием современной базы приборов и оборудования исследовательского и экспериментального назначения; исторически налаженными и развитыми творческими связями с академическими и вузовскими научными школами российского и международного научного сообщества, разви-

тыми деловыми связями с административными и производственными структурами, бизнес-структурами не только Пермского края, но и многих субъектов Российской Федерации.

На современном этапе актуальной задачей управления университетом в сфере науки является концентрация исследований на прорывных научных направлениях и технологиях.

В основе сформулированных научных направлений и реализуемых структурных преобразований университета заложены реальные и инновационно-перспективные теоретические и практические результаты, полученные творческими коллективами при реализации исследований регионального и федерального приоритетного назначения.

Сегодня приоритетное направление развития университета «Рациональное природопользование: технологии прогнозирования и управления природными и социально-экономическими системами» реализуется по 35 направлениям научной деятельности и десяткам специализированных поднаправлений на кафедрах, в научных институтах, центрах и лабораториях оптимизированной структуры национального исследовательского университета. Все структурные подразделения, реализующие свой интеллектуальный потенциал в рамках программных направлений научной деятельности, обладают необходимыми базовыми научными результатами, высококвалифицированными кадрами, лабораторно-приборной базой. Подразделения обладают четкими программами развития, гарантирующими получение эффективных результатов высокотехнологичного инфраструктурного, научного и образовательного значения на ближайшие 10 лет.

В наиболее общей формулировке научная деятельность университета направлена на решение комплексных и междисциплинарных проблем в сфере многогранных взаимодействий Природы, Общества, Человека. Реальные, прак-

тические научные интересы ученых национального исследовательского университета сконцентрированы на конкретных критических технологиях.

Из 34 наименований, включенных в Перечень критических технологий Российской Федерации, утвержденный Президентом Российской Федерации, 17 критических технологий находятся в сфере научных интересов ученых университета и разрабатываются в соответствии с программами исследований созданных научно-образовательных комплексов:

- биоинформационные технологии;
- биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии;
- биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных;
- геномные и постгеномные технологии создания лекарственных средств;
- клеточные технологии;
- нанотехнологии и наноматериалы;
- технологии водородной энергетики;
- технологии мехатроники и создания микросистемной техники;
- технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы;
- технологии новых и возобновляемых источников энергии;
- технологии обработки, хранения, передачи и защиты информации;
- технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы;
- технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов;
- технологии распределенных вычислений и систем;
- технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф;
- технологии создания и обработки кристаллических материалов;
- технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.

Совершенно очевидно, что создание современных технологических решений

невозможно без создания лабораторно-приборной базы уровня мировых стандартов. Обновление материально-технической базы научной деятельности – одна из основных задач стратегии развития университета, основа создания «центров превосходства» в сфере эффективного управления природными и социально-экономическими системами.

Прорыв в радикальном обновлении приборного парка был обеспечен в 2006-2007гг. в ходе реализации инновационной образовательной программы «Формирование информационно-коммуникационной компетентности выпускников классического университета в соответствии с потребностями информационного общества», выполненной в рамках приоритетного национального проекта «Образование». Данная программа позволила существенно обновить материально-техническую базу не только научной, но и образовательной деятельности, и информационной инфраструктуры университета. Приобретенное оборудование, общей стоимостью 250 млн. руб., соответствует уровню мировых стандартов. Оборудованием были укомплектованы уникальные лабораторные комплексы, позволившие организовать проведение передовых исследований в сфере биотехнологий, нанотехнологий, в различных областях физики, химии, геологии.

Именно эти лабораторные комплексы явились основой создания Лабораторных научных центров национального статуса, оснащенных на уровне лучших мировых научных лабораторий и способных выполнять исследования в областях соответствующих национальным и международным приоритетам. В рамках Программы развития Пермского государственного национального исследовательского университета на период с 2010 по 2019гг. сегодня осуществляются и будут реализованы мероприятия по оснащению университета уникальным научным оборудованием, создаются научные лаборатории мирового уровня. Общая сумма финансирования на приобретение уникального оборудования на период дейст-

вия Программы превышает 800 млн. руб. Помимо этого в рамках Программы ведутся работы по модернизации и созданию лабораторий для отдельных видов научных исследований на общую сумму свыше 290 млн. руб. Перечисленные мероприятия и многие другие, например такие как «Разработка и закупка программного обеспечения для научной деятельности», «Разработка и внедрение мотивационной программы, стимулирующей научно-педагогические кадры к научным публикациям высокого уровня», «Повышение квалификации и профессиональная переподготовка профессорско-преподавательского состава», несомненно, будут способствовать генерации новых фундаментальных знаний и технологий в сфере управления природными и социально-экономическими системами.

Созданный научный и научно-методический потенциал приоритетного направления развития университета, высококвалифицированный научный коллектив, наличие ведущих научных школ, уникальная материальная база, огромный творческий задел, практический опыт работы, реальные научные связи, связи с бизнес-структурами регионального, национального и международного уровней, создаваемая в рамках национального исследовательского университета инфраструктура позволят в относительно короткие сроки не только поднять до уровня мировых требований, но и успешно развивать эффективность разработок и внедрения высокопроизводительных технологий.

В настоящем издании приведены базовые положения технологий и методов, разработанных учеными Пермского государственного университета и направленных на решение проблем прогноза и управления природными и социально-экономическими системами. Описание структурировано соответственно основным направлениям научной деятельности Научно-образовательных комплексов, созданных и совершенствуемых в рамках Программы развития национального исследовательского университета. Описание содержит возможности приобретен-

ного оборудования и созданных лабораторных комплексов.

Издание предназначено для научных работников и профессорско-преподавательского состава вузов, научных институтов, зарубежных научных и научно-образовательных центров, а также работников сферы управления высшим профессиональным образованием, руководителей и работников организаций, действующих в сфере внедрения инновационной и наукоемкой продукции.

I. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ, ОСВОЕНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ГЕОРЕСУРСАМИ И ГЕОСИСТЕМАМИ»

I.1. Направление научной деятельности

«Геофизические технологии при поисках и разработке месторождений нефти, калийно-магниевых солей и оценке их техногенного воздействия»

Аппаратурно-программное и методическое обеспечение геофизических исследований.

Разработано в 2005 – 2011 гг. на кафедре геофизики Пермского государственного университета, при участии НПП «Интромаг», НИППППД «Недра». Руководитель: профессор В.И. Костицын. Авторы разработки: профессор В.П. Колесников, доцент А.В. Татаркин, доцент А.М. Пригара, а также В.П. Зеленин, С.В. Мокроносов, С.А. Алатов, И.М. Батяев, С.Б. Карпов, А.К. Мельников.

В состав научно-технической разработки входят: 1) аппаратурно-программный комплекс АМС-1 для геофизических исследований методами ВЭЗ, ЭП, СГ, МЗТ, МДС, основанным на гальваническом способе возбуждения и регистрации электрического поля; 2) автоматизированная, интерактивная система программ «ЗОНД»; 3) программное обеспечение «ЗОНД-Сейс».

В комплексе использованы новые технические решения: цифровая фильтрация различного рода помех, визуальный контроль спектра внешнего поля и соотношения сигнал-помеха, использование связи генераторного и измерительного блоков по радиоканалу, графическая визуализация на экране дисплея получаемых в процессе измерения результатов (кривых зондирования, графиков профилирования и др.), создание программного обеспечения для оптимизации процесса измерений, оперативной обработки и интерпретации результатов геофизических данных.

Технология рекомендуется для автоматизированной обработки и интерпретации электроразведочных данных в системе ЗОНД (автор В.П. Колесников) и для обра-

ботки сейсморазведочных данных по методике МПВ ОГП с использованием программного обеспечения «ЗОНД-Сейс» (автор А.М. Пригара).

Правовая защита определена патентами, авторскими свидетельствами, публикациями:

Аппаратурно-программный комплекс для геоэлектроразведки АМС-1, патент № 97542;

Автоматизированная, интерактивная система программ «ЗОНД», авторское свидетельство № 2005 61 00 58;

Колесников В.П. «Основы интерпретации электрических зондирований». – М.: Научный мир, 2007. 248 с.

Готовность комплекса к использованию – 100 %.

Инфраструктура для реализации имеется при совместной работе кафедры геофизики Пермского государственного университета, НПП «Интромаг» и НИППППД «Недра».

Научно-технический уровень разработки превышает уровень отечественных разработок. Мировые аналогии комплексного использования электроразведки и сейсморазведки не известны.

Потенциальные пользователи разработки научно-исследовательские институты, нефтегазовые предприятия, геолого-геофизические организации, занимающиеся поисками и разведкой месторождений нефти, газа, калийных солей, твердых полезных ископаемых, оценкой их техногенного воздействия, геологическим картированием, проведением гидрогеологических, геоэкологических, инженерно-геологических, археологических изысканий и решением других аналогичных задач.

Аппаратурно-программное и методическое обеспечение геофизических исследований



Пермский
Государственный
Университет



ООО
НИИП
«Интромаг»



ООО
НИИППП
«Недра»

Идея. Разработка. Внедрение.

Аппаратурно-программный комплекс АМС-1

Выполнение электроразведочных работ методом сопротивлений, естественного поля, вызванной поляризации диагностики трубопроводов, исследований электрохимзащиты и т.п. (патент № 97542).



Генератор:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Макс. выходное напряжение | 200 В |
| 2. Диапазон выходного тока | 0,5-100 мА |
| 3. Диапазон частот | 0-2500 Гц |
| 4. Запуск на генерацию - ручной или по радиоканалу от измерителя | |
| 5. Погрешность стабилизации | < 1% |
| 6. Степень защиты | IP65 |
| 7. Диапазон рабочих температур | -30 - +50 °С |
| 8. Габариты | 160*80*55 мм |
| 9. Масса | 0,6 кг |



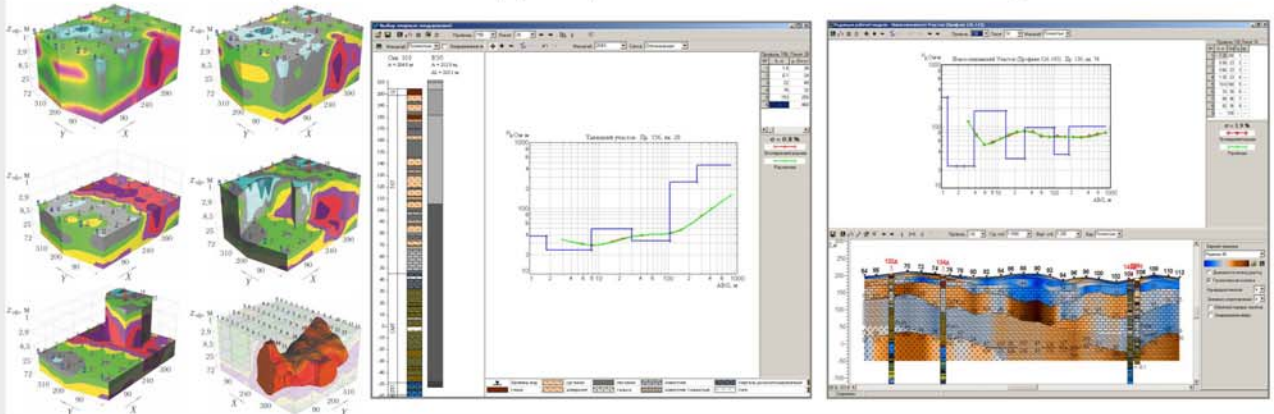
Измеритель:

- | | |
|--|---------------|
| 1. Диапазон частот: | 0-2500 Гц |
| 2. Диапазон измерений | -5,0 - +5,0 В |
| 3. Разрядность АЦП | 24 бит |
| 4. Объем памяти | 2 Мб |
| 5. Интерфейс связи с ПК | USB |
| 6. Синхронизация генератора и измерителя | Радиоканал |
| 7. Степень защиты | 433 МГц |
| 8. Диапазон рабочих температур | IP65 |
| 9. Габариты | -30 - +50 °С |
| 10. Масса | 180*130*35 мм |
| | 0,55 кг |



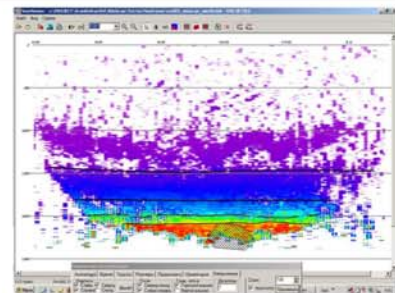
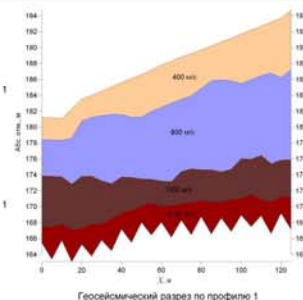
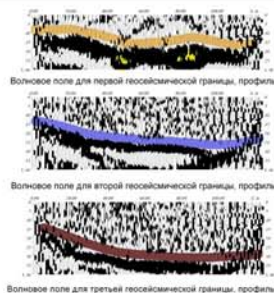
Автоматизированная, интерактивная система программ «ЗОНД»

Обработка, визуализация и интерпретация электрических зондирований
(В.П. Колесников и др., авторское свидетельство N 200 561 0058)



Программное обеспечение «ЗОНД-Сейс»

Автоматизация обработки сейсморазведочных данных по методике МПВ ОГП (А.М. Пригара)



г. Пермь, ул. А. Шатрова 13а

permgco@gmail.com, моб. +7 909-11-20-746, +7 905-86-31-651

1.2. Направление научной деятельности

«Геоэкология городов. Разработка теории и методологии применения пространственно-временных прогнозов проявления опасных геологических процессов в пределах градопромышленных агломераций»

Технология «Интегральная оценка карстоопасности».

Создана в Пермском государственном университете сотрудниками кафедры динамической геологии и гидрогеологии и научно-исследовательская части университета. Авторы разработки: проф., д.г.-м.н. Катаев В.Н., инженеры НИЧ С.В. Щербачков С.В., Д.Р. Золотарев Д.Р., Ковалева Т.Г., Ардавичус Ю.А., Пентегова С.А.

Период создания 2002-2010.

Технология основана на совмещении процедуры риск-анализа (адаптированной к условиям Пермского края методики оценки физических и экономических рисков Института геоэкологии РАН), процедуры выбора оптимальных критериев оценки подземной и поверхностной закарстованности, учитывающего структурно-геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические особенности оцениваемых территорий на основе модернизации методик дисперсионного и корреляционного анализа, процедур моделирования карстологической ситуации на исследуемой территории.

Методически технология основана на поэтапном применении:

✓ *Картографического моделирования*, включающего анализ строения массива горных пород и создание комплекса тематических карт и трехмерных моделей по различным параметрам его состояния, с отражением пространственного сочетания с имеющимися проявлениями опасных геологических процессов;

✓ *Графического моделирования*, содержащего установление закономерностей количественного распределения форм проявления опасных геологических процессов в зависимости от их принадлежности к участкам с различными параметрами строения массива путем построения специализированных диаграмм;

✓ *Математического моделирования*, содержащего обоснование имеющихся зависимостей между изучаемыми показателями и количеством форм проявления процессов, а также выделение критериев опасности с использованием математического аппарата.

В процессе математического моделирования используются следующие процедуры:

корреляционный анализ – определение тесноты связи между площадным распространением участков с тем или иным состоянием геологической среды и сочетанием в их пределах форм проявления процессов;

однофакторный дисперсионный анализ – выявление влияния фактора геолого-гидрогеологического строения толщи на карстовую активность, выражаемую количеством карстовых форм;

подбор теоретического закона распределения для описания наблюдаемой эмпирической зависимости между интервалами значений показателя строения массива и количеством форм проявлений процессов;

расчет суммарной опасности по всем исследованным показателям балльным и вероятностно-статистическими методами.

Построенные модели, отражающие опасность воздействия геологических процессов, корректируются путем проведения полевых заверочных работ, по которым определяется степень их достоверности и пригодности к использованию. В ходе таких работ оцениваются показатели строения геологической среды на месте по результатам рекогносцировочных работ, отбора проб воды и грунтов для их последующего лабораторного анализа.

В итоге результаты оценки характеризуются:

- сравнимостью результатов оценочных построений опасности геологических

процессов по различным территориям и регионам;

- экономически более выгодным решением и обеспечением конкурентоспособности разработанного алгоритма на рынке научно-технической продукции.

Используемый инструментарий: программный продукт ESRI ArcGIS 9.* (расширения Spatial Analyst, Geostatistical Analyst, 3D Analyst).

Правовая защита технологии определяется авторским правом:

Катаев В.Н., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р., Лихая О.М., Ковалева Т.Г. Компьютерное картографирование и моделирование в целях прогнозной оценки карстоопасности // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Выпуск 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2009г.) – М.:ГЕОС, 2009. С. 109-114.

Катаев В.Н., Ардавичус Ю.А., Пентегова С.А. Опыт адаптации методов оценки карстовых рисков к территории Пермского края // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК – 2009». Т.2. – М.: РУДН, 2009. С. 70-77.

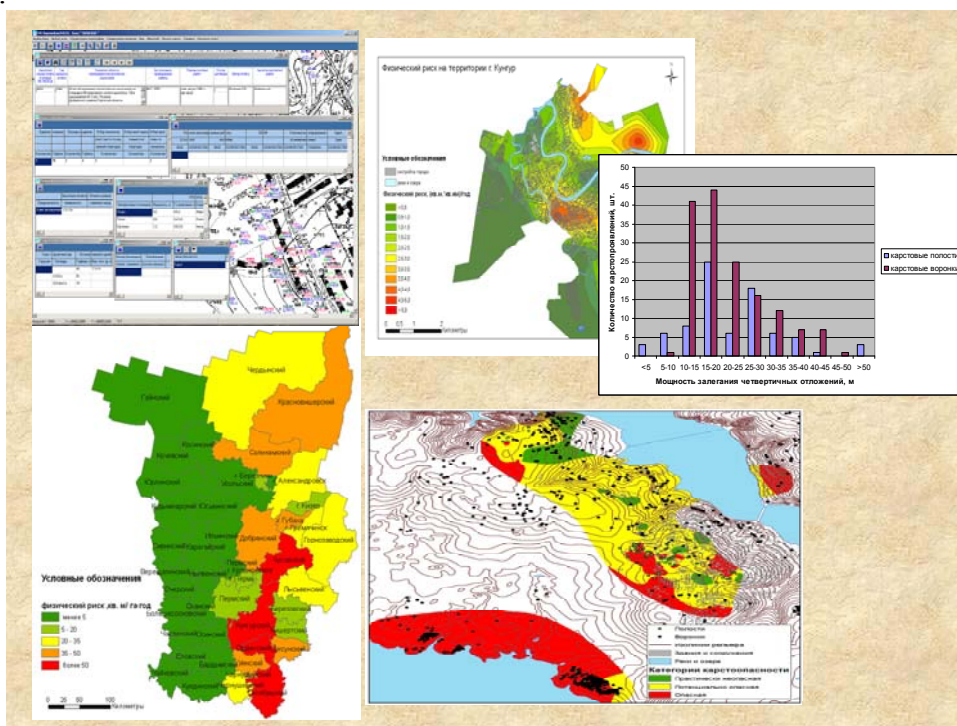
Катаев В.Н., Ковалева Т.Г., Лихая О.М. Комплекс геологических показателей активности карста в пределах с.Усть-Кишерть и на прилегающей территории // Гидрогеология и карстование: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. ун-т – Пермь, 2010. – Вып. 17. С. 61-71.

Катаев В.Н., Ардавичус Ю.А., Пентегова С.А. Оценка карстовых рисков на территории Пермского края // Природные ресурсы: вестник недропользователя Пермского края / ГИ УрО РАН, Пермь, 2010. С. 78-94.

Ерофеев Е.А., Катаев В.Н. Применение вероятностно-статистических методов оценки карстовой опасности в условиях техногенного воздействия на закарстованные территории / Инженерная геология, Москва, 2010. С. 34-46.

Катаев В.Н. Геология и карст города Кунгура: монография / В.Н. Катаев, О.И. Кадебская; Перм. гос. ун-т; ГИ УрО РАН. – Пермь, 2010. – 249с.: ил.

Щербаков С.В., Катаев В.Н. Интегральная оценка карстоопасности урбанизированных территорий (на примере г.Кунгура) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2011. - Т. 153, кн. 1. – С. 203-224.



Основные функциональные элементы технологии: создание баз данных, графический и картографический анализ актуальных данных, построение интегральных карт карстоопасности

Технология полностью готова к использованию и прошла адаптацию в рамках проекта Министерства природных ресурсов Пермского края «Мониторинг закарстованных территорий Пермской области» (2006-2010гг.).

Элементы технологии выполнены на высоком научно-техническом уровне. Аналогичные в методологическом плане разработки созданы в Институте геоэкологии РАН, Казанском федеральном университете.

Технология может быть использована профильными инженерно-геологическими, изыскательскими, проектными или научными организациями в целях выполнения

прогноза устойчивости территорий градо-промышленных агломераций как в целом, так и на участках динамично развивающихся экзогенных процессов и локализации деформационных форм процессов в пределах проектируемых и эксплуатируемых инженерных объектов различных категории ответственности.

Разрабатываемый методический комплекс характеризуется относительной простотой использования, экономичностью в части затрат на подготовительные работы, сам процесс моделирования и интерпретацию результатов моделирования в виде прогнозного решения.

1.3. Направление научной деятельности

«Разработка теоретических основ формирования ресурсов, режима и состава подземных вод и современных методов поисков, разведки и оценки эксплуатационных запасов месторождений подземных вод»

Технологический комплекс выявления и картирования водообильных трещинных зон в фациально-невыдержанных терригенных отложениях.

Комплекс был предложен впервые в 90-х гг. XX в. и до настоящего времени проходил период корректировки и адаптации к различным геолого-гидрогеологическим условиям Пермского Предуралья и иных регионов России. Комплекс разработан на кафедре динамической геологии и гидрогеологии Пермского государственного университета. Автор комплекса к.г.-м.н., доцент Иконников Е.А.

Комплекс предназначен для выявления и картирования трещинных зон, характеризующихся повышенной водообильностью, в условиях сложного фациально-изменчивого строения изучаемых толщ (терригенные песчано-глинистые разрезы). Комплекс эффективен при средне- и крупномасштабных гидрогеологических работах, ориентированных на выявление месторождений резервного водоснабжения.

Функциональными элементами комплекса являются:

- предполовые морфометрические исследования с итоговым построением карт глубинной эрозии по коэффициенту эрозионной расчлененности рельефа (КЭР) с целью выделения зон повышенной неотектонической трещиноватости горных пород (методика построения карт по Э.Л. Якименко);

- геофизические исследования (вертикальное электрическое зондирование) с целью выделения на площади исследований литологических типов разреза (песчаного, глинистого, смешанного и др.);

- гидрогеологическое маршрутное обследование территории с целью описание родников, мочажин, пластовых выходов подземных вод; измерения дебита, температуры воды;

- гидрометрическое обследование русловых водотоков с целью измерения расходов рек и ручьев и получения параметров подземного стока на участках предполагаемых зон повышенной трещиноватости и за их пределами;

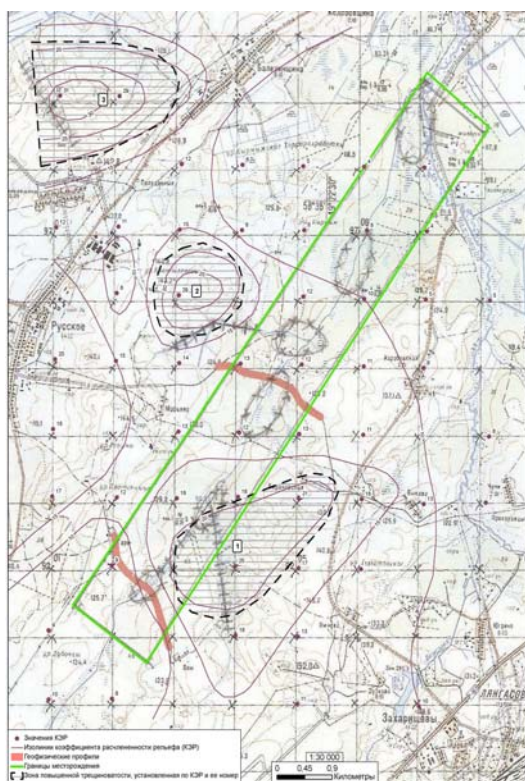
- геоморфологическое маршрутное обследование с целью картирования трещин бортового отпора, иных трещинных коллекторов, выделяемых визуально, особенно на участках бортов речных долин с повышенной водообильностью скважин;

- гидрохимическое опробование русловых водных потоков и иных водопроявлений с целью установления связи катионного состава подземных и поверхностных вод с литологическими типами и водообильностью разрезов;

- наблюдения за физико-геологическими процессами и явлениями, связанными с деятельностью подземных вод (особый акцент на изучение суффозионных процессов в различных литологических типах разрезов).

В последние годы результаты комплексных исследований коррелируются с результатами аэрокосмогеологических исследований по выявлению зон повышенной трещиноватости.

Правовая защищенность комплекса определяется авторским правом.

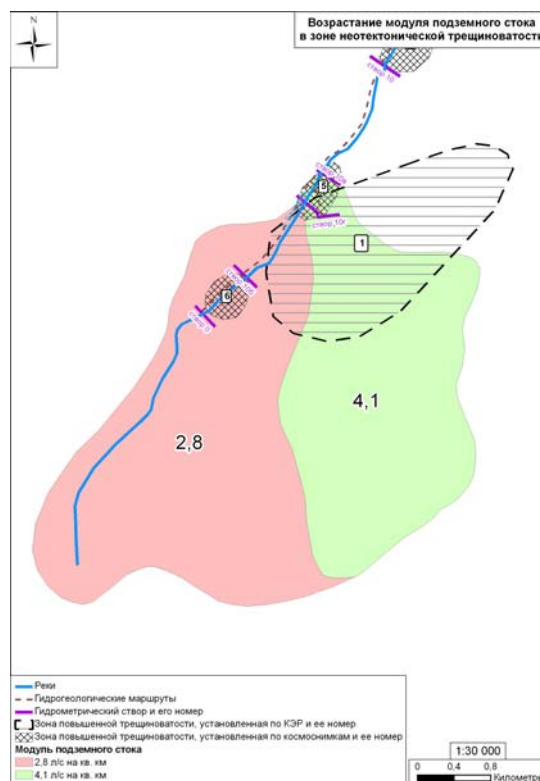


Карта эрозионной расчлененности рельефа района Бахтинского месторождения подземных вод

Получение и обработка результатов комплексных исследований не требует специализированного оборудования. Необходим комплект стандартного электро-разведочного геофизического оборудования для метода ВЭЗ, GPS-приборы, программное обеспечение для интерпретации геофизических наблюдений, картографических построений, лабораторное гидрохимическое оборудование.

Комплекс показал высокую эффективность. Комплекс апробирован на территориях Пермского края (выявлено 80 водообильных зон), на территориях Кировской области (трещинные зоны с повышенной водообильностью на площадях Мутницкого и Бахтинского месторождений подземных вод).

Потенциальными пользователями комплекса являются специализированные гидрогеологические предприятия, ведущие работы по резервному водоснабжению, организации по регулированию недропользования, органы административного управления различных рангов.



Возрастание модуля подземного стока в зоне неотектонической трещиноватости

1.4. Направление научной деятельности «Оценка и комплексное освоение полезных ископаемых с мелкими зернами ценных минералов на основе новых технологий»

Технология прогнозирования и поисков алмазоносных кимберлитов.

Технология создавалась в период с 1966 по 2010 г. На первом этапе (1966-1985 гг.) технология разрабатывалась в лаборатории осадочных полезных ископаемых НИСа Пермского университета под руководством зав. лабораторией проф. Б.С.Лулева. В дальнейшем она применялась и совершенствовалась сотрудниками кафедр поисков и разведки полезных ископаемых (О.Б. Наумова), минералогии и петрографии (Б.М. Осовецкий) и Естественнонаучного института (В.А. Наумов).

Технология основана на новейших достижениях мировой науки в области поисков коренных источников алмазов и разработках ученых Пермского университета. Применение технологии рассчитано на четыре последовательных этапа в течение 3-5 лет на конкретной территории.

На *первом этапе* (геологического обоснования) дается анализ геологического строения территории, складчатого фундамента, истории геологического развития, геофизических данных, разломной тектоники и т.д. по опубликованным и фондовым материалам. Обобщаются данные по магматизму, петрографии, минералогии и геохимии осадочного чехла, находкам минералов-индикаторов кимберлитового происхождения. С учетом всей известной информации делается заключение о перспективности района на обнаружение алмазоносных кимберлитов и намечаются площади для полевых исследований.

На *втором этапе* (полевом) производится геологическое доизучение перспективных площадей с задачами установления прямых признаков наличия ослабленных зон земной коры, по которым могло происходить внедрение кимберлитов, пород вероятных промежуточных коллекторов алмазов, ареалов распространения минералов-спутников алмаза (пиропов, хромдиопсидов, пикроильменита, высокохроми-

стых хромшпинелидов, оливина, перовскита и др.). Наиболее важной задачей данного этапа является опробование потенциально алмазоносных отложений промежуточных коллекторов. Применяется три вида опробования: 1) точечное с отбором проб массой до 1 кг для изучения минерального состава отложений, корреляции разрезов, установления источников питания обломочного материала; 2) шлиховое с отбором и промывкой в лотках до «серого» шлиха проб объемом 20 л для установления присутствия минералов-спутников алмаза и 3) крупнообъемное с отбором и обогащением проб объемом 1-3 м³ с целью установления присутствия мелких алмазов и получения представительной выборки зерен минералов-спутников. Для обработки крупнообъемных проб сотрудниками Пермского университета применяется сборная полевая обогатительная установка, включающая насос, грохот, отсадочную машину и винтовой сепаратор. На грохоте из исходных отложений отделяется класс частиц крупностью менее 4 мм, который обогащается на винтовом сепараторе с получением концентрата массой обычно 3-5 кг. Более крупный материал обогащается на отсадочной машине.

На *третьем этапе* (лабораторной обработки и аналитических исследований проб) все выделенные в полевых условиях продукты (точечные пробы, шлихи и концентраты) подвергаются фракционированию по специализированным схемам. Точечные пробы обрабатываются с отделением глинистых частиц, гранулометрическим рассевом на ситах, разделением в бромформе отдельных классов, минералогическим анализом легкой и тяжелой фракций. Шлихи разделяются в бромформе, тяжелая фракция подвергается магнитной и электромагнитной сепарации. Под биноклем производится отбор и предварительная диагностика зерен минералов-спутников. Для наиболее крупных зерен, представляющих поисковый инте-

рес, составляется реестр с указанием их размера, окраски, степени окатанности, формы, характера поверхности и других данных. Концентраты обрабатываются по наиболее сложной схеме: рассев на ситах, бромформирование, магнитная и электромагнитная сепарация с выделением сильно- и слабоэлектромагнитной подфракций, разложение железистых продуктов и пленок в соляной кислоте, термохимическое разложение неэлектромагнитной фракции в щелочи с получением в качестве конечного продукта небольшого «алмазного» ультраконцентрата. Из последнего под биноклем отбираются зерна мелких алмазов. Одновременно из слабоэлектромагнитной подфракции отбираются крупные зерна минералов-спутников.

Аналитическая часть исследований предусматривает выполнение различных анализов (петрографического, минералогического, атомно-абсорбционного, термического, электронно-микроскопического, микрозондового, рентгеноструктурного, дифрактометрического и др.). Особое внимание уделяется точной диагностике алмазов, минералов-спутников и обломков пород, особенностям типохимизма пиропов и хромдиопсидов, морфологическим особенностям алмазов, изучению минерального состава железистых и глинистых образований кор выветривания, геохимическим индикаторам алмазоносности и т.д.

На *четвертом этапе* (камеральном) проводится обобщение всей полученной информации с построением карт фактического материала на компьютерной основе, банков данных по отобранным пробам и аналитической информации, корреляционных матриц, графиков, генетических диаграмм и т.д. Итогом работ является оконтуривание перспективных площадей.

Выполнение исследований по данным этапам подчиняется общей стратегии, рассчитанной на достаточно длительный период (3-5 лет). В течение первого года необходимо получить данные, подтверждающие перспективность территории на обнаружение алмазоносных кимберлитов. В течение следующих нескольких лет опробование сгущается на наиболее перспек-

тивных участках и т.д. В конце работ даются рекомендации на проведение детальной геофизической съемки и бурения на кимберлиты.

Коллектив сотрудников Пермского университета располагает необходимой материальной базой для выполнения работ. Для проведения полевых работ имеются два автомобиля, полный набор обоганительного оборудования, полевое снаряжение, навигационные приборы и т.д. Для обработки проб в лаборатории имеются специализированные помещения с вытяжными шкафами, муфелями, сушильными шкафами, наборы сит, весы, магниты и электромагниты, дробилки, необходимые реактивы и вещества. Для проведения аналитических исследований коллектив располагает современным научным оборудованием: сканирующими электронными микроскопами JSM 6390LV и 7500F фирмы «JEOL», приставками для микрозондового анализа (EDS, WDS), порошковым дифрактометром Phaser 2D, синхронным термоанализатором СТА 409 Luxx, атомно-абсорбционным спектрометром МГА-915, различными оптическими микроскопами, шлифовальным оборудованием. Все приборы имеют современное компьютерное сопровождение.

Технология защищена 4 патентами (авторы Б.С. Лунев, О.Б. Наумова, Б.М. Осовецкий, К.П. Казымов) на способы определения петрографического и минерального состава отложений, экспресс-методы определения плотности зерен минералов, диагностики минералов вольфрама.

В наиболее полной форме технология описана в следующих монографиях:

Лунев Б.С., Осовецкий Б.М. Мелкие алмазы Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1996. 128 с.

Осовецкий Б.М. /ред./. Мелкие алмазы и минералы-спутники в юрских отложениях Вятско-Камской впадины. Пермь: Перм. ун-т, 2008. 212 с.

Технология полностью готова к немедленному использованию на любой территории силами сотрудников Пермского университета. В рамках программы развития национального исследовательского университета коллектив проводит работы

на некоторых площадях Пермского края в интересах развития минерально-сырьевой базы алмазной промышленности региона.

Для реализации столь трудоемких исследований в Пермском университете создана необходимая инфраструктура. Основой ее является высококвалифицированное кадровое сопровождение, включающее сотрудников кафедр минералогии и петрографии, поисков и разведки полезных ископаемых, лабораторий минералогическо-петрографических исследований и геологического моделирования ЕНИ ПГУ. В составе коллектива исполнителей доктора и кандидаты наук, инженеры и магистры. Коллектив располагает необходимыми площадями и специализированными помещениями для выполнения всех указанных выше работ.

Научно-технический уровень разработки соответствует лучшим мировым аналогам. Преимуществами применяемой технологии являются высокая мобильность, компактность полевого оборудования, отсутствие необходимости в электроэнергии, возможность работать в любой полевой обстановке вдали от освоенных районов, высокая производительность обогащения (проба объемом 1 м³ обрабатывается в течение одного дня), высокое качество работ.



Сборная полевая обогатительная установка в полевых условиях

Потенциальными пользователями технологии являются коллективы производственных предприятий и фирм, выполняющих работы по поискам коренных алмазов (в том числе за рубежом), научно-исследо-

вательские организации, вузы, администрации регионов и др.



Первый алмаз (размер 0,5 мм) на платформенной территории Пермского края (найден по данной технологии)

Технология комплексной оценки минерального сырья песчано-гравийных месторождений.

Технология создавалась коллективом сотрудников лаборатории осадочных полезных ископаемых НИСа (1961-1985 гг.) под руководством зав. лабораторией проф. Б.С.Лунева и совершенствовалась сотрудниками кафедр поисков и разведки полезных ископаемых (О.Б. Наумова), минералогии и петрографии (Б.М. Осовецкий) и лабораторий геологического отдела Естественнонаучного института (В.А. Наумов, В.В. Голдырев).

Технология основана на рекомендациях по комплексной разработке песчано-гравийных месторождений строительного сырья, предлагаемых сотрудниками Пермского университета. Технологическая схема комплексной разработки предусматривает применение гидравлического способа классификации песчано-гравийной смеси с выделением в качестве отдельных коммерческих продуктов различных фракций гравия (например, 80-40, 40-20, 20-10, 10-5 мм) и строительного песка (частицы размером менее 5 мм). Предлагается дополнительно ввести блок обогащения песка на винтовых сепараторах с получением коллективного концентрата ценных минералов (золота, платиноидов, титаноциркониевых, редкоземельных и др.). Данный концентрат в дальнейшем может быть

доведен до конечного концентрата на доводочных аппаратах (винтовой шлюз, концентрационный стол и т.д.). Конечный концентрат передается на действующие доводочные фабрики с выделением в первую очередь благородных металлов и затем – других ценных минералов. Для реализации данной технологии необходимым этапом является геологическое обоснование целесообразности попутного извлечения ценных минералов из строительного сырья.

Технология комплексной оценки минерального сырья песчано-гравийных месторождений на *первом этапе* предусматривает геологическое обоснование перспективности объекта для комплексной разработки. С этой целью анализируются геологическое строение территории, история развития, наличие близко расположенных областей сноса с рудными формациями ценных минералов, имеющиеся данные о минеральном составе месторождения и т.д.

На *втором этапе* производится бороздовое опробование полезной толщи месторождения интервалами по 0,5 или 1 м. Пробы обрабатываются в лабораторных условиях с проведением гранулометрического и минералогического анализов, определением содержаний ценных минералов. Расчетным способом устанавливается концентрация ценных минералов в гравитационном концентрате, который может быть получен в процессе комплексной разработки месторождения.

На *третьем этапе* производится технологическое опробование месторождения с отбором нескольких проб объемом до 1 м³, их обогащением и получением коллективного концентрата ценных минералов. Проводится экономическая оценка такого концентрата, наличие возможных потребителей, способы и места его доводки до коммерческих селективных концентратов.

Территория Пермского края имеет все возможности для широкого внедрения комплексной разработки песчано-гравийных месторождений и технологии комплексной оценки строительного сырья. Здесь существует большая потребность в строительных материалах, имеется много разведанных песчано-гравийных месторо-

ждений, во многих из них присутствуют золото, платиноиды, титано-циркониевые и другие ценные минералы.

Для внедрения данной технологии Пермский университет располагает необходимой материальной базой: обогатительным и лабораторным оборудованием, аналитической приборной базой для выполнения минералогических и химических анализов, опытными кадрами, имеющими многолетний опыт работы в данном направлении.

Внедрение технологии обеспечит повышение качества используемых в строительстве материалов (например, при строительстве дорог), получение дополнительного источника многих ценных элементов, особенно золота, платины, титана, циркония, редких земель, тория, тантала, ниобия.

Коллективом получено 3 патента на способ изучения минерального состава отложений (О.Б. Наумова, Б.С. Лунев) и способы диагностики минералов (Б.М. Осовецкий, К.П. Казымов). Основные монографии по данной технологии:

Лунев Б.С. Дифференциация осадков в современном аллювии. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1967. 333 с.

Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. и др. Золото Верхнекамской впадины. Кудымкар: Коми-Пермяцк. Кн. изд-во, 2003. 218 с.

Осовецкий Б.М. Россыпеобразующие минералы Вятско-Камской впадины. Пермь: Перм. ун-т, 2011. 250 с.

Технология полностью готова к внедрению, элементы ее были апробированы на многих объектах России.

Вся инфраструктура для реализации технологии создана и проверена.

Разработка отвечает лучшим мировым стандартам.

Потенциальными пользователями разработки являются «ЦНИИгеолнеруд» (г. Казань); ФГУП «Пермгеолнеруд»; частные инвесторы и компании, инвестирующие строительство железных дорог (в частности, дороги Соликамск – Архангельск); другие потребители песчано-гравийной смеси.

Способ определения валового минерального состава тяжелых фракций пород.

Способ разработан на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых, в лаборатории осадочных полезных ископаемых. Год создания способа – 2001, год получения патента – 2009. Авторы разработки профессора Лунев Б.С., Наумова О.Б.

Экспресс-метод включает следующие операции: разделение исходной навески

(пробы) в тяжелой жидкости; рассев на узкие размерные фракции (3–6 классов); взвешивание, вычисление содержания каждой фракции (%); анализ всех размерных фракций с помощью бинокулярного микроскопа; исследование в каждой размерной фракции числа зерен минералов, пропорционального процентному выходу данной фракции (всего исследуется 500 зерен минералов, точность анализа 0,2 %).

Экспресс-метод минералогического анализа тяжелой фракции

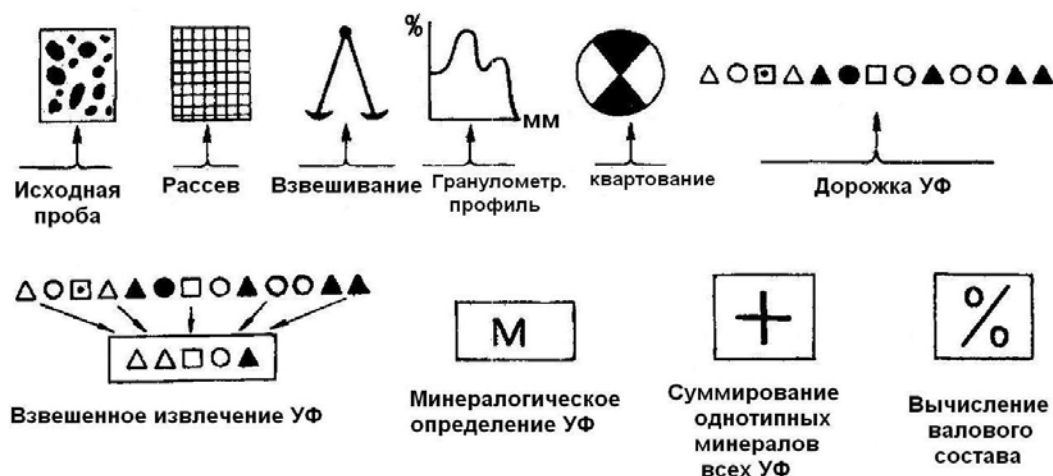


Схема экспресс-метода валового минерального состава тяжелых фракций пород.
УФ – узкоразмерная фракция

Точность анализа может быть изменена по мере увеличения (уменьшения) числа зерен минералов, участвующих в анализе.

Преимущество экспресс-метода состоит в быстром и эффективном определении состава тяжелой фракции. В анализе участвуют минералы всех размерных фракций. В каждой из фракций во внимание принимаются равновеликие зерна, так как анализируемые фракции узкоразмерные. Это уменьшает ошибки анализа, обусловленные в других методах неодинаковым размером анализируемых зерен.

Правовая защита – патент на изобретение № 2357231, зарегистрирован 27.05.2009. Патентообладатель – Пермский государственный университет.

Степень готовности способа к применению – 100 %.

Экспресс-метод может быть выполнен на базе любой минералогической лаборатории.

Метод является уникальным и не имеет аналогов.

Потенциальные пользователи разработки – минералогические лаборатории геологоразведочных организаций и научно-исследовательских институтов и подразделений. Экспресс-метод применим для исследования многофракционных поликомпонентных отложений разного возраста и генезиса. Экспресс-метод эффективно применен для изучения тяжелых фракций разновозрастных пород различных терригенно-минералогических провинций, неодинакового литологического состава (пески и песчано-гравийные отложения); с разным гранулометрическим распределением тяжелых минералов, с неодинаковой

степенью однородности состава тяжелых минералов.

Технологическая схема комплексного освоения песчано-гравийных месторождений с мелкими ценными минералами.

Схема разработана в Пермском государственном университете. Авторы разработки профессора Лунев Б.С., Осовецкий Б.М., Наумов В.А., Наумова О.Б.

Технологические испытания были направлены на отработку отдельных операций: 1) классификации песка, гравия и выделения отсева песчано-алевритовых частиц; 2) получения концентрата ценных минералов; 3) окончательного извлечения золота и других ценных минералов.

Использованы обычные и дуговые сита, барабанные грохоты, на которых эффективно выделяют в песчано-алевритовый отсев ценные минералы тяжелой фракции аллювия. Проведены испытания классификации песчано-гравийного материала, тяжелой фракции и ценных минералов аллювия на дуговых ситах. В подрешетный продукт поступает 76% тяжелых минералов и основная часть ценных минералов: циркона – 76%, ильменита – 92%, рутила – 81% (Уткин и др., 1975). Высокая концентрация (200–500 раз) мелких ценных минералов (золота, платины, цирконий-титановых) достигается на винтовых сепараторах и шлюзах.

Окончательное извлечение золота возможно по рудным схемам или гравитационной схеме путем магнитожидкостной сепарации. Имеется опыт получения селективных концентратов: цирконового (содержание циркона 65–85%), рутилового (71%), магнетитового (93%) и других минералов из комплексного месторождения на р. Каме.

Принципиальная технологическая схема разработки комплексных месторождений должна основываться на учете закономерностей процессов природной и принудительной механической дифференциации природных и техногенных песчано-гравийно-галечных отложений.

Комплексные месторождения с мелким

золотом имеют следующие особенности:

1. Мелкое золото распространено широко.

2. Фракция-отсев должна концентрировать одновременно нежелательные для строительства мелкопесчаные, алевритопелитовые частицы и полезный продукт (основную долю золота и другие ценные минералы).

3. Технология отсева обеспечивает качественный переувлажнение и получение высококачественных строительных песков; экономически оправданное извлечение золота в отсевах.

4. Технология получения золота и ценных минералов из концентрата обеспечивает экономически оправданное извлечение металла.

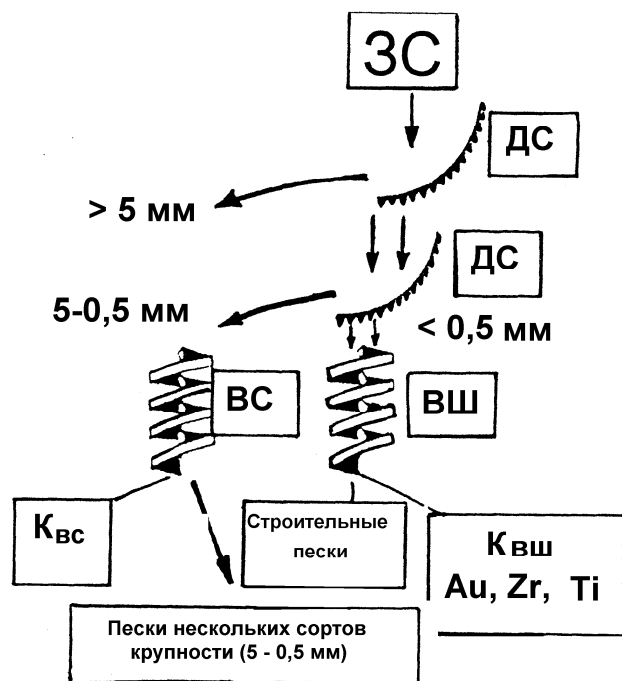
Технологическая схема комплексной разработки месторождений золотоносного аллювия предусматривает как необходимый элемент предварительную классификацию грубообломочного материала (Лунев, 1967; Горюшкина и др., 1976). Гидромеханизация – наиболее эффективный путь комплексной разработки руслового аллювия. При эксплуатации месторождения земснарядами отложения должны классифицироваться на несколько размерных фракций с помощью дуговых сит. Дуговые сита – высокопроизводительные аппараты, простые по конструкции и удобные в работе. Оптимальная удельная производительность при ширине щели 1 мм с площади сита 1 м² составляет 80 м³/ч (Варульников, 1963). Классификация производится по граничному размеру зерен 1; 0,5 или 0,25 мм. Золото будет концентрироваться в отсевах в подрешетном продукте, при обогащении которого на винтовых шлюзах концентрация металла увеличится еще в десятки и сотни раз. Содержание металла в концентрате винтового шлюза достигнет единиц и десятков г/м³. Затем необходимо конечное извлечение золота на специализированных фабриках (амальгамация) или медеплавильных заводах (рис.).

При работе одного земснаряда производительностью 0,5 млн.м³ в год для попутного извлечения золота потребуется 1–2 дуговых сита, 10 винтовых шлюзов (сепараторов) производительностью 16 т/ч

по твердому (Наумова, Наумов, 1986), или два винтовых плотносепаратора производительностью 60 т/ч и один – 18 т/ч (перечистные операции).

Другой путь комплексной разработки связан с формированием техногенных россыпей из песчаных отсеков, обогащенных

ценными минералами, и их вторичной переработкой. При этом необходимо рассчитать благоприятные зоны концентрации золота в поле песчаных отсеков, образуемых при гидронамыве.



Принципиальная технологическая схема комплексной разработки песчано-гравийных месторождений с попутным извлечением золота (других ценных минералов) и производством сортированных песков: ЗС – земснаряд, ДС – дуговое сито, ВС – винтовой сепаратор, ВШ – винтовой шлюз, К – концентрат (по Б.С.Луцеву и др.)

Экономическая эффективность комплексной разработки месторождений обеспечивают: 1) гидромеханизированный способ; 2) классификация гальки, гравия и песков на дуговых ситах и удаление алеврито-пелитовых частиц; 3) получение концентратов с золотом и другими ценными минералами (цирконий-титановые, платина, монацит, касситерит и др.); высокосортированных песков, полученных на винтовых шлюзах; в отдельных случаях – формовочное и стекольное сырье; 4) непрерывность технологического процесса; 5) малое число обслуживающего персонала; 6) малоотходная и безотходная экологичная технология освоения.

В настоящее время успешно работают

научно-производственные малые предприятия, которые занимаются как производством песков различного назначения, так и попутным получением селективных концентратов ценных минералов. Предприятие ООО «НПП СТ-Кварц» работает на Малышевском месторождении стекольных песков (Днепропетровская обл.) совместно с Вольногорским горно-металлургическим комбинатом занимается добычей, обогащением и отгрузкой кварцевых песков ВС-030-В, ВС-040-1, ВС-050-1. В своем товарном ассортименте широкий спектр сортированных формовочных и строительных песков и циркониевый концентрат.

1.5. Направление научной деятельности «Разработка теоретических проблем нефтегазовой геологии и геохимии глубокопогруженных отложений и технологические аспекты»

Технология специализированных исследований пород и флюидов глубоких и сверхглубоких параметрических скважин для повышения их геологической эффективности.

Технология создается с 2010г. Окончательный вариант технологии планируется к внедрению в 2013гг. Технология разрабатывается на кафедре региональной и нефтегазовой геологии Пермского государственного университета. Авторы разработки д.г.-м.н Т.В. Карасева, к.г.-м.н. М.Г. Фрик, к.г.-м.н. А.В. Белоконь, к.-г.м.н А.П.Вилесов, ст.преподаватель Г.Ю. Пономарева, аспирант Е.А.Кузнецова.

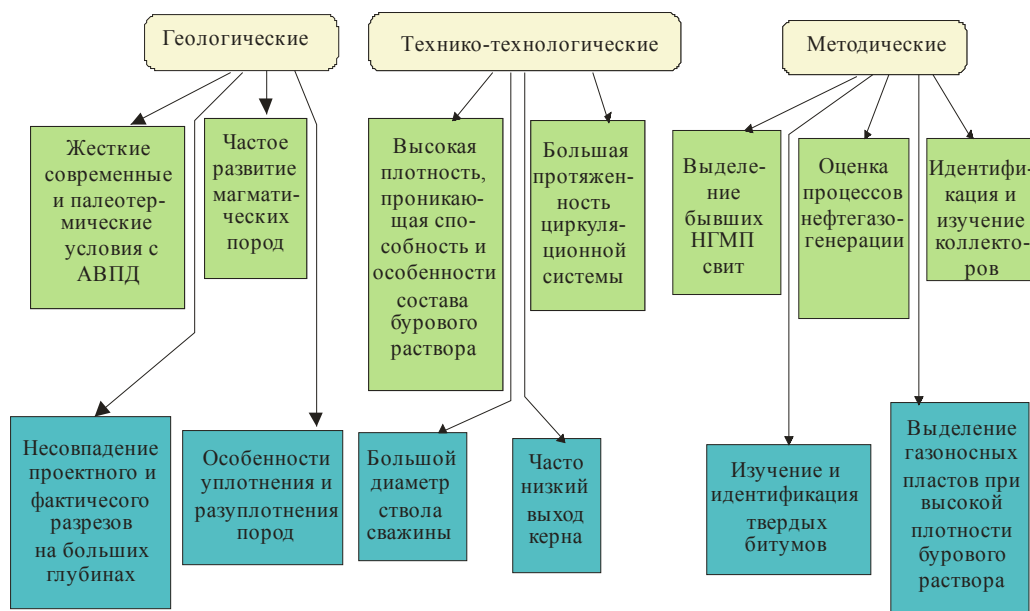
Область применения технологии – нефтегазовая геология и геохимия, региональный этап геолого-разведочных работ на нефть и газ.

Разработка может быть применена при бурении и исследовании разрезов глубоких и сверхглубоких параметрических сква-

жин, а также при дополнительном изучении керна и флюидов пробуренных скважин. Технология позволяет на современном уровне количественно решать проблему ресурсов углеводородов (в том числе на больших глубинах) районов бурения. В Пермском крае планируется применение для Северо-Мыйской параметрической скважины в Коми округе, пробуренной в 2007 году; где до сих пор остается нерешенным вопрос о природе выявленного в каменноугольных отложениях нефтепроявления и возможных масштабах нефтеносности района бурения.

Основные функциональные элементы технологии:

- обоснование необходимости повышения геологической эффективности дорогостоящих глубоких и сверхглубоких параметрических скважин, связанное с особенностями изучения разрезов;



Основные особенности изучения разрезов глубоких и сверхглубоких скважин

- проведение корреляций керн-ГИС (геофизические исследования скважин) на примере пробуренных скважин для повышения эффективности реконструкции геолого-геохимических параметров;

- внедрение комплекса современных методов исследований нефтегазоносности пород;
- разработка технологии специализированных исследований пород и флюидов

глубоких и сверхглубоких параметрических скважин, апробация ее на конкретных разрезах.

Применение технологии обеспечено приборной базой, в основе которой современное оборудование: пиролитический анализатор горных пород по методу «Rock-Eval», аппаратный комплекс для исследования нефтегазоносности горных пород, аппаратура для детальных микроисследований горных пород.

Технология специализированных исследований пород и флюидов глубоких и сверхглубоких параметрических скважин, позволяет проводить массовые исследования нефтегазоносности пород, оценивать их нефтегазовый потенциал и степень его реализации, осуществлять не только петрофизические, но и геохимические корреляции керн-ГИС, качественно и количественно определять ресурсный потенциал углеводородов района бурения, проводить бассейновое моделирование на прецизионном фактическом материале и в целом повысить геологическую эффективность бурения.

Технология может быть востребована крупными компаниями, осуществляющими глубокое и сверхглубокое бурение в России, в том числе в Пермском крае и за рубежом, Роснедра МПР РФ.

Правовая защита обеспечена авторским правом. Разработчики располагают базой данных результатов исследований основных сверхглубоких скважин России (ноу хау). Принципиальное описание основных элементов технологии размещено в опубликованных статьях авторов разработки:

Карасева Т.В., Беляева Г.Л. О месте и роли опорно-параметрического бурения в общей системе региональных работ// Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов: Материалы научно-практической конференции (8-9 ноября 2006 г., Пермь). – Пермь, 2007. – С.66-73.

Карасева (Белоконь) Т.В., Ехлаков Ю.А., Горбачев В.И. Эффективность глубокого и сверхглубокого параметрического бурения для оценки ресурсов углеводородов ниже освоенных глубин// Приоритетные направления поисков крупных и

уникальных месторождений нефти и газа. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2005. – С.164-169.

Вилесов А.П. Путилов И.С. Комплексное использование литолого-фациального анализа и сейсмофациального моделирования для изучения строения терригенной толщи девона Кустовского месторождения/ Нефтяное хозяйство. – 2009. - № 3. – С. 23 – 27.

Комплексная оценка нефтеносности рифей-вендского перспективного комплекса Пермского края / Т.В. Карасева, С.Е. Башкова, В.И. Галкин, И.А. Козлова // Нефтяное хозяйство. – 2011. - №3. – С.90-94.

Степень готовности технологии к массовому применению – 30%. Авторами начаты работы по анализу эффективности применяемых методов исследований пород и флюидов глубоких и сверхглубоких скважин.

В университете имеется необходимая инфраструктура для реализации технологических процедур:

- в составе кадров кафедры имеются доктор наук и кандидаты наук, способные обеспечить адаптацию и применение технологии;

- созданы тесные связи с производственными и научными организациями, работающими в направлении изучения разрезов глубоких и сверхглубоких скважин;

- имеется необходимое оборудование.

Научно-технический уровень технологии приближен к мировым стандартам и значительно выше, чем в предлагаемых отечественных руководящих документах по исследованию пород и флюидов параметрических скважин.

Потенциальными пользователями разработки являются предприятия ОАО «Лукойл», ОАО «Газпром», ОАО «КамНИИ-КИГС», Роснедра МПР РФ и др.

Технология прогнозирования нефтегазоносности больших глубин в регионах с развитой инфраструктурой добычи углеводородов.

Технология создается с 2011г. Окончательный вариант технологии, готовый к внедрению, планируется получить в 2014г.

Технология разрабатывается на кафедре региональной и нефтегазовой геологии Пермского государственного университета.

Авторы разработки д.г.-м.н. Карасева Т.В., к.г.-м.н. Фрик М.Г., к.г.-м.н. А.В. Белоконов, Е.А. Кузнецова, аспиранты Д.В. Жигалов и А.А. Просвирнин.

Область применения технологии – нефтегазовая геология и геохимия, оценка перспектив нефтегазоносности малоизученных комплексов отложений.

Разработка может быть применена при прогнозе нефтегазоносности больших глубин в пределах лицензионных участков Пермского края и других регионов.

Основные функциональные элементы технологии:

1) обобщение и систематизация результатов изучения нефтегазоносности больших глубин;

2) разработка и научное обоснование комплекса критериев и показателей качественной и количественной оценки нефтегазоносности больших глубин;

3) апробация комплекса критериев и показателей качественной и количественной оценки глубинной нефтегазоносности в конкретных районах.

В основе приборной базы для функционирования технологии пиролитический анализатор горных пород по методу «Rock-Eval».

В результате применения технологии разрабатывается и обосновывается уникальный комплекс критериев и показателей, в том числе специфических для больших глубин, позволяющий с высокой достоверностью прогнозировать нефтегазоносность больших глубин, проводить прогноз фазового состояния углеводородов и условий сохранности залежей. Применение комплекса позволит повысить достоверность качественного и количественного прогноза глубинной нефтегазоносности. Разработка может быть востребована компаниями, осуществляющими геологическое изучение и добычу углеводородов на лицензионных участках.

Правовая защита разработки определяется авторским правом. Основные публи-

кации, содержащие описание функциональных элементов технологии:

Карасева Т.В., Горбачев В.И. Современные подходы к стратегии поисков углеводородов в отложениях ниже освоенных нефтегазодобывающей промышленностью глубин //Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых: Тезисы Международной конференции. – М.: ГЕОС, 2006. – С.121-123.

Карасева Т.В., Горбачев В.И., Беляева Г.Л. и др. Новые направления развития ресурсной базы углеводородов России по результатам глубокого и сверхглубокого параметрического бурения// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. - №3. – С.6-15.

Карасева Т.В., Башкова С.Е., Беляева Г.Л., Ехлаков Ю.А., Горбачев В.И. Перспективы нефтегазоносности глубокопогруженных отложений севера Западной Сибири по данным сверхглубокого бурения //Геология нефти и газа. – 2006. - №6. – С.2-9.5.

Технология готова к использованию на 40%, коллективом разработчиков начаты работы по составлению критериальной базы нефтегазоносности больших глубин.

На кафедре существуют все элементы необходимой инфраструктуры для завершения работ над технологией:

- продолжается приборная модернизация нефтегазовой лаборатории кафедры региональной и нефтегазовой геологии;

- созданы тесные связи с производственными и научными организациями, работающими в направлении изучения глубинной нефтегазоносности.

Научно-технический уровень соответствует мировым стандартам.

Одним из результативных показателей применения технологии является возможность продления сроков развития старых районов с имеющейся инфраструктурой добычи и транспортировки углеводородов.

Потенциальными пользователями разработки в первую очередь являются предприятия ОАО «НК Лукойл», ОАО «КамНИИКИГС» и др.

1.6. Направление научной деятельности «Мониторинг и прогнозирование состояния атмосферы»

Численная модель прогноза погоды WRF V 3.1 (Weather Research and Forecast).

Модель для исследования и прогноза погоды WRF разработана в Национальном центре атмосферных исследований США в 1980-х годах. Модель адаптирована в Пермском государственном университете на кафедре метеорологии и охраны атмосферы профессором Н.А. Калинин и доцентом А.Л. Ветровым.

Модель WRF-ARW является численной негидростатической моделью атмосферы (с возможностью гидростатического режима) в предположении полностью сжимаемой среды. Вертикальная система координат соответствует гидростатическому закону изменения давления с высотой. В модели используется С-сетка Аракавы и схемы интегрирования Рунге-Кутты 2-го и 3-го порядка по времени, а также схемы 2–6 порядка для переноса в горизонтальном и вертикальном направлениях. Модель использует малый шаг для акустических и гравитационных волн. WRF может использоваться при решении широкого круга задач в масштабах от сотен метров до тысяч километров, включая идеализированные течения (например, конвекция, бароклинные волны), для исследования возможности применения различных схем параметризации; для сравнения с данными наблюдений; при численном предсказании погоды в реальном времени). Кроме того, модель WRF может использоваться как динамическое ядро в компьютерных моделирующих системах, предназначенных для исследования переноса примеси и анализа качества атмосферного воздуха над урбанизированными территориями.

Основные характеристики модели:

- свободно распространяемый исходный код;
- модель реализована для прогноза погоды на 48 часов с пространственным шагом расчетной сетки 10 км;

- модель реализована на вычислительном кластере «ПГУ-Тесла» Научно-образовательного центра «Параллельные и распределенные вычисления» Пермского государственного университета (ПГУ).

Научно-технический уровень модели соответствует лучшим отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи прогностической продукции модели – предприятия, зависящие от погодных условий, население.

Модель расчетного мониторинга распространения примеси в атмосфере от источников большой мощности, связанных с интенсивным нагревом или охлаждением.

Модель создана в период 2000-2005гг. на кафедрах прикладной математики и метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного университета. Авторы модели проф. Шварц К.Г., доц. Шкляев В.А.

Краткая содержательная характеристика разработки:

Значительное число техногенных катастроф сопровождаются поступлением в атмосферу загрязняющих веществ. Процессы последующего распространения примеси могут быть осложнены в случаях интенсивного охлаждения или нагрева от источника техногенной катастрофы (при аварийном разливе легкоиспаряющейся жидкости, возгорании разлитой нефти и др.).

Постановка задачи в рассмотренных примерах существенно различается. Аварийные ситуации могут приводить к разливу и возгоранию углеводородов. Развивающиеся при этом конвективные движения создают своеобразный режим переноса выделяющихся вредных примесей в нижнем слое атмосферы. В результате интенсивного нагрева атмосферы над его источником формируется система восходящих и

нисходящих движений, которая вносит возмущение в поле горизонтального движения. Формируемая конвективная струя играет роль препятствия и процессы его обтекания будут подобны обтеканию стержня в горизонтальном потоке. Ниже по течению после препятствия образуется система вихрей (вихревая дорожка). В горизонтальной плоскости при обтекании сформировавшейся конвективной струи формируются локальные вихревые структуры, создающие своеобразный режим переноса выделяющихся вредных примесей в нижнем слое атмосферы.

На основе полученной системы безразмерных уравнений с помощью явной конечно-разностной схемы проводились численные расчеты. Боковые границы области считались свободными и теплоизолированными. Были получены поля концентрации примеси, температуры воздуха, функции тока и возмущений функции тока. Расчеты показали, что в нижнем слое атмосферы формируется мощное вихревое движение над местом возгорания нефти, которое существенно влияет на характер распространения примеси в окрестности источника. Его характер зависит от нелинейного воздействия неоднородного горизонтального градиента температуры, которое описывает перенос завихренности термического ветра самим термическим ветром. Возможно несколько сценариев формирования вихря: стационарный одиночный, диполь и нестационарный. Первый случай возможен при отсутствии завихренности термического ветра вне источника и его отрицательном значении над источником. Второй случай – диполь наблюдается, когда завихренность термического ветра одного знака. Нестационарное развитие вихрей наблюдается когда существуют завихренности термического ветра различного знака над источником и вне его. В этом случае при относительно слабом вращении воздуха над источником тепла происходит периодическое возникновение вихрей разной направленности, которые отрываются от конвективной струи и сносятся по потоку. При этом факел распространения примеси также испытывает

периодические колебания, отклоняясь севернее или южнее от направления потока.

Перенос и рассеивание примеси, попавшей в атмосферу в результате аварийного разлива большого объема летучей жидкости (аммиак и др.), характеризуются несколькими специфическими условиями. Во-первых, необходимо учитывать затраты тепла на испарение разлившейся жидкости. Это приводит к интенсивному охлаждению нижней части приземного слоя. Считая процесс переноса облака испарившейся примеси адиабатическим и при наличии устойчивой стратификации атмосферы над областью разлива, испарение жидкости приводит к адвективному притоку тепла к поверхности образовавшегося разлива, который компенсирует затраты тепла на испарение и влияет на скорость испарения. Во-вторых, локальное понижение температуры воздуха приводит к тому, что над разлившейся жидкостью в результате горизонтальной термической неоднородности образуются циркуляционные ячейки, усложняющие процессы переноса примеси вследствие появляющихся возмущений поля скорости. В-третьих, над поверхностью разлива и охлаждения приземного слоя формируется очень устойчивая термическая стратификация, ослабляющая турбулентную диффузию примеси. В этом случае облако примеси, слабо рассеиваясь, может переноситься на значительные расстояния.

Для исследования основных физических механизмов этого процесса была использована квазидвумерная модель. В качестве исходных были выбраны трехмерные уравнения гидротермодинамики «сухой» атмосферы и уравнение турбулентной диффузии примеси. Рассматривались варианты расчетов с различными температурными градиентами и концентрационными изменениями плотности. Исследовалось также влияние температурной стратификации непосредственно над источником холода.

Поля концентрации и ветра претерпевают изменения, максимальная концентрация уменьшается примерно на 5 %, а скорость ветра возрастает до 40%. Наблюдаются возмущения потока, которые приво-

дят к образованию двух вихрей над источником примеси. При ослаблении турбулентного обмена над источником происходит увеличение концентрации примеси, а также скорости ветра за счет обтекания зоны холода. В этом случае скорость вращения вихрей также возрастает. Когда мощность источника увеличивалась, количество вихрей увеличивалось до 4-х, что приводило к увеличению коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии. В этом случае увеличение потока примеси с поверхности разлива компенсировалось усилением горизонтальной диффузии примеси.

Правовая защита определена авторским правом. Описание модели приведено в научных публикациях:

Аристов С.Н., Шварц К.Г. Вихревые течения адвективной природы во вращающемся слое жидкости/ Перм.ун-т. –Пермь, 2006. 155с.

Шварц К.Г., Шкляев В.А. Численное моделирование мезомасштабных вихревых структур вблизи мощного горячего источника примеси в пограничном слое атмосферы // Вычислительная механика сплошных сред. – 2009. – Т. 1, №1. – С.96–106.

Шварц К.Г. Квази-двумерная модель распространения реагирующей примеси в мезомасштабном пограничном слое при наличии источника холода// География и

регион. IX. Природопользование и экологический мониторинг: Материалы Международ. науч.-практ.конф./Перм.ун-т.- Пермь, 2002. С. 195-200.

Шварц К.Г., Шкляев В.А. Моделирование процессов переноса примеси в нижнем слое атмосферы, связанных с выбросами большой мощности при аномальном температурном нагреве// Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 4. С. 156-159.

Шварц К.Г., Шкляев В.А. Особенности распространения загрязняющих веществ в атмосферы при наличии мощного источника испаряемой жидкости// Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 4. С. 174-176.

Модель полностью готова к применению. Приложения: методика расчетов и программный комплекс.

Наличие необходимой инфраструктуры для реализации: система мониторинга потенциальных источников аварийных ситуаций, связанных с интенсивным нагревом или охлаждением.

Оценка основных характеристик разработки: разработка соответствует международному уровню, не имеет отечественных аналогов.

Потенциальные пользователи разработки: МЧС, экологические службы различных уровней, научно-исследовательские институты.

1.7. Направление научной деятельности «Геоинформационное и математико-картографическое моделирование геосистем и комплексов»

Технология комплексной оценки фитомассы сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования Земли.

Технология создана в период 2006 – 2009гг. в ГИС-центре Пермского государственного университета. Авторы технологии Пьянков С.В., Калинин Н.А., Связов Е.М., Смирнова А.А.

В разработке реализована технология определения фитомассы сельскохозяйст-

венных культур на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), которая позволяет отслеживать динамику развития сельскохозяйственных культур, определять сроки их созревания и оптимальные сроки начала уборки. Проект реализован на платформе геоинформационной системы (ГИС) ArcGIS 9.* (ESRI, США). Применение ГИС в сельском хозяйстве позволяет не только хранить информацию о сельскохозяйственных угодьях и их использовании, но и фиксировать различные

изменения, а также тенденцию таких изменений.

Управление сельскохозяйственным производством, особенно в регионах с рискованным земледелием, должно быть основано на принципах постоянного контроля проведения агротехнических и агрохимических мероприятий, условий пофазового развития культур, уточнения урожайности и валовых сборов на разных уровнях (от отдельного поля до административных районов субъектов РФ). Такой контроль должен проводиться как в условиях нормального воспроизводства, так и в неблагоприятных для произрастания растений условиях. Полноценный мониторинг сельскохозяйственных культур для достижения практически значимых результатов по прогнозированию урожайности, картированию засух и засоренности полей, анализу причин снижения продуктивности требует сбора большого объема данных и построения имитационных моделей развития растений. Объективные данные о состоянии сельскохозяйственных культур на больших территориях можно получать на региональном уровне только с использованием инструментальных дистанционных методов контроля, например, с помощью данных спутникового зондирования. Использование ДДЗЗ позволяет отслеживать динамику развития культур и их состояние одновременно на большой территории (сельскохозяйственное предприятие, административный район и т.д.). В то же время, для установления связей между характеристиками космических снимков и фактическим состоянием растений необходимо проводить контрольные измерения фитомассы культур на полях тестового хозяйства.

Для решения задач комплексного анализа в сельском хозяйстве использованы космические снимки среднего и высокого разрешения со спутников Terra, Landsat, IRS. Спутники Terra позволяют получать информацию на обширных территориях дважды в сутки (разрешение 250-1000 м), что способствует оперативной оценке сельскохозяйственных угодий, которые полностью отражаются на космических снимках. Спутники Landsat и IRS (разре-

шение 6-30 м) позволяют получать детализированную информацию 2 раза в месяц, по которой можно определять конфигурацию полей, их ориентировку, площадь, направление вспашки, состояние полей на момент съемки.

Технология комплексной оценки адаптирована на опытных полях Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ПНИИСХ) (с. Лобаново, Пермского р-на, Пермского края).

Проект выполняется в соответствии с концепцией федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы».

Правовая защита обеспечена свидетельствами и патентами.

Перечень свидетельств и патентов:

Пьянков С.В., Русаков В.С., Связов Е.М., Некрасов И.Б., Онегов Д.В., Шпаков М.А., Тимофеев П.К., Смирнова А.А. Система космического мониторинга сельскохозяйственных угодий Пермского края на основе данных дистанционного зондирования, Инвентарный номер Фонда алгоритмов и программ № 11583 от 29 сентября 2008 г. ;

Пьянков С.В., Некрасов И.Б., Радостев П.Е. База данных для накопления и просмотра подспутниковых данных. Дата регистрации: 29.12.2009, ОФЕРНИО, регистрационный номер 15168;

Пьянков С.В., Некрасов И.Б., Радостев П.Е. Программа сбора, накопления и просмотра подспутниковых данных, 29.12.2009, ОФЕРНИО, регистрационный номер 15170.

Статьи и публикации:

Пьянков С. В., Калинин Н.А., Связов Е. М., Смирнова А.А., Некрасов И.Б. Технология комплексной оценки фитомассы сельскохозяйственных культур // Материалы Международной конференции Интеркарто-ИнтерГИС – 15. Пермь (Россия), Гент (Бельгия). 2009. Т.1. С. 81-86.

S.V. Pyankov, N.A. Kalinin, E.M. Sviyazov, A.A. Smirnova, I.B. Nekrasov Method of Complex Evaluation of Crop Biomass // Proceeding of the 15th international Conference

InterCart-InterGIS. Part II – Gent, 2009. P. 231-240.

Пьянков С.В., Калинин Н.А., Свиязов Е.М., Смирнова А.А., Некрасов И.Б. Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник Пермского университета. Серия Биология. № 10(36). 2009. С. 147-153.

Калинин Н.А., Пьянков С.В., Свиязов Е.М., Смирнова А.А. Технология комплексной оценки фитомассы сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования Земли. Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. Выпуск 4. Ижевск. С. 3—10.

Технология готова к внедрению и адаптирована с учетом региональных особенностей.

Для реализации технологии создана необходимая инфраструктура. Имеется необходимая техническая и программная инфраструктура: станция приема спутниковой информации Унискан 24 с возможностью приема ежедневных данных Modis, а также данных со спутника Spot4 (10 м); портативная сертифицированная метеорологическая станция Vantage Pro Plus (НПО «Европрибор») со следующим блоком датчиков: температуры, относительной влажности воздуха, атмосферного давления и осадков, скорости и направления ветра, солнечного и ультрафиолетового излучения; GPS-навигатор Pioneer AVIC-S2; сервер AQUARIUS SERVER P50 D40.

Программные средства реализации проекта: серверная СУБД SQL Server 2005 Standard; сертифицированное программное обеспечение фирмы ESRI: ArcGis Server 9.* Enterprise в качестве ГИС-сервера; ArcGIS Desktop 9.* for Windows ArcView; ArcReader расширения: ArcGIS Spatial Analyst; ArcGIS Geostatistical Analyst; сертифицированное программное обеспечение ИТЦ «СканЭкс»: SCANEX IMAGE PROCESSOR 2.

Предлагаемые методы и подходы в области применения данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий в сельском хозяйстве на

основе комплексной информации находятся на уровне мировых исследований.

Потенциальными пользователями технологии являются федеральные и региональные органы государственной власти, органы местного самоуправления, крупные и средние сельскохозяйственные предприятия.

Технология комплексной оценки динамики процессов снеготаяния на водосборах рек.

Технология создана в период 2006 - 2011 гг., в ГИС-центре Пермского государственного университета. Авторы разработки Пьянков С.В., Шавнина Ю.Н.

Технология предполагает исследование процессов снеготаяния при совместном использовании методов дистанционного зондирования, пространственно-временного анализа и математико-картографического моделирования. На основе данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), наземных гидрометеорологических наблюдений разрабатывается математико-картографическая модель (МКМ), которая позволяет рассчитывать с суточным интервалом пространственное распределение интенсивности снеготаяния и интенсивность поступления воды на водосборы рек, а так же определять даты схода снежного покрова. Используя современный картографический материал, цифровые модели рельефа (ЦМР) и ДДЗЗ, проведена оценка влияния различных физико-географических условий и антропогенных факторов на пространственно-временное распределение интенсивности снеготаяния.

Для комплексного пространственно-временного анализа интенсивности снеготаяния на водосборах рек используются космические снимки низкого и среднего разрешения со спутников NOAA, Terra и Aqua. Эти спутники позволяют получать информацию на обширные территории несколько раз в сутки, что способствует оперативной оценке интенсивности снеготаяния. Кроме того, для космических изображений со спутников Terra и Aqua, есть возможность получать тематические продук-

ты (температура подстилающей поверхности, маска снежного покрова и т.д.) с помощью специализированных алгоритмов расчета.

Правовая защита обеспечена патентами и свидетельствами:

Пьянков С.В., Шпаков М.А., Шавнина Ю.Н. Сайт «Опасные природные явления Пермского края», Инвентарный номер Фонда алгоритмов и программ № 11580 от 29 сентября 2008 г.

Пьянков С.В., Калинин В.Г. Региональная гидрологическая ГИС «Бассейн Воткинского водохранилища». № 010620078 от 01.02.2010. Свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Основные элементы технологии опубликованы:

Пьянков С.В., Калинин В.Г. Методологические аспекты пространственного анализа формирования стока рек с использованием математико-картографического моделирования // Метеорология и гидрология. № 1. 2009.

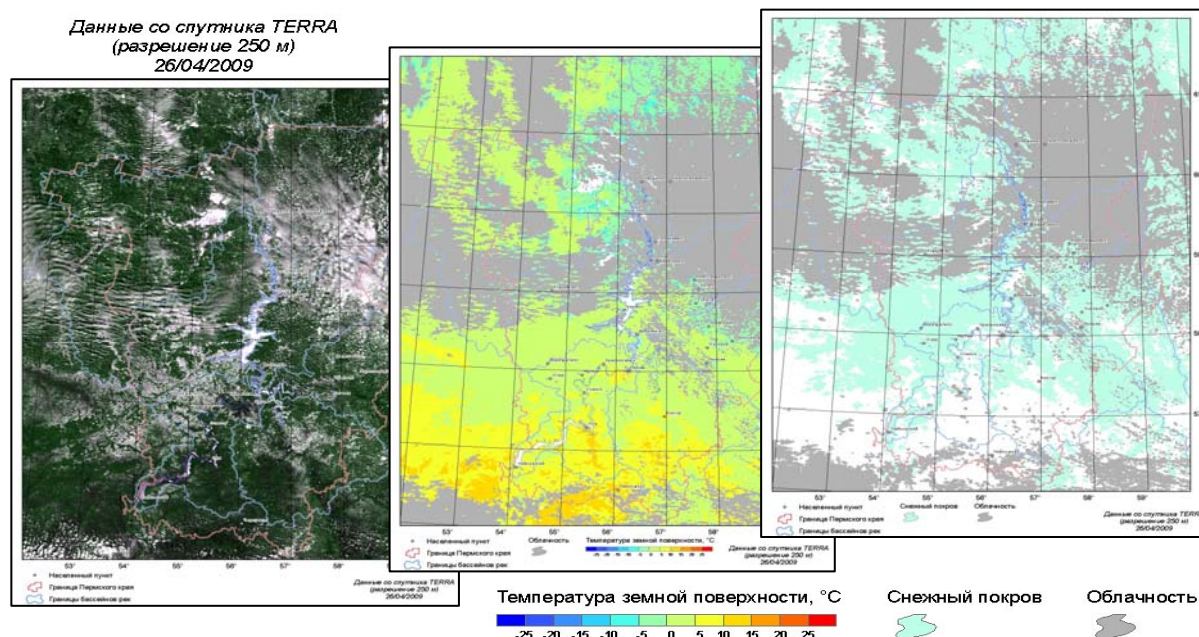
Пьянков С.В., Калинин В.Г. Использование обобщенного интегрального показателя при исследовании пространственного распределения зимнего стока рек. ИнтерКарто/ИнтерГИС-16. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы международной конфе-

ренции (Ростов-на Дону (Россия), Зальцбург (Австрия), 3-4 июля 2010 г. С.457-462.

Пьянков С.В., Связов Е.М., Шавнина Ю.Н. Использование ДДЗЗ в региональных исследованиях и в учебном процессе. «Земля из космоса — наиболее эффективные решения». НТЦ «Сканекс». № 5. 2010. С. 47-49.

Технология готова к внедрению и адаптирована с учетом региональных особенностей.

Имеется необходимая техническая и программная инфраструктура: станция приема спутниковой информации Унискан 24 с возможностью приема ежедневных данных Modis, а также данных со спутника Spot4 (10 м); программные средства реализации проекта: серверная СУБД SQL Server 2005 Standard; сертифицированное программное обеспечение (ПО): ArcGIS Server 9.3 Enterprise в качестве ГИС-сервера; ArcGIS Desktop 9.3 for Windows ArcView; ArcReader расширения: ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Spatial Analyst; ArcGIS Geostatistical Analyst; сертифицированное ПО для обработки космических снимков SCANEX IMAGE PROCESSOR, ERDAS IMAGINE, ENVI.



Дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли для технологии комплексного моделирования процессов снеготаяния

Анализ современного состояния исследований в данной области показал, что использование математико-картографического моделирования при решении задач мониторинга процессов снеготаяния используется впервые, а предлагаемые методы и подходы находятся на уровне мировых исследований. Авторы обладают

большим опытом в области дешифрирования космических снимков и математико-картографического моделирования гидрологических процессов.

Потенциальными пользователями технологии являются федеральные и региональные органы государственной власти, органы местного самоуправления.

II. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИМИ И ХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ»

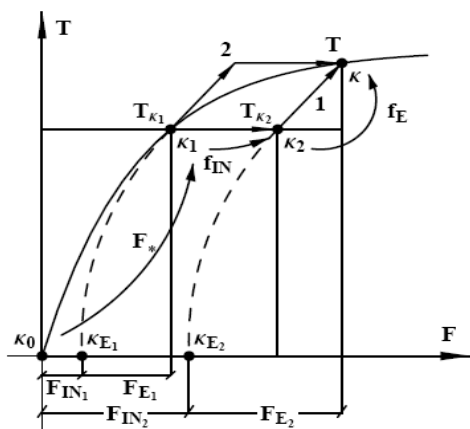
II.1. Направление научной деятельности

«Моделирование термомеханического поведения материалов, конструкций, природных и техногенных объектов с учетом сопутствующих химических и физических явлений»

Моделирование термомеханического поведения материалов, конструкций, природных и техногенных объектов с учетом сопутствующих химических и физических явлений.

Разработка создана в период с 2009 по 2011гг. на кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного университета. Авторы разработки Матвеев В.П., Шардаков И.Н., Роговой А.А., Клигман Е.П., Голотина Л.А., Юрлов М.А.

Материалы, широко используемые в промышленности, имеют многоуровневую

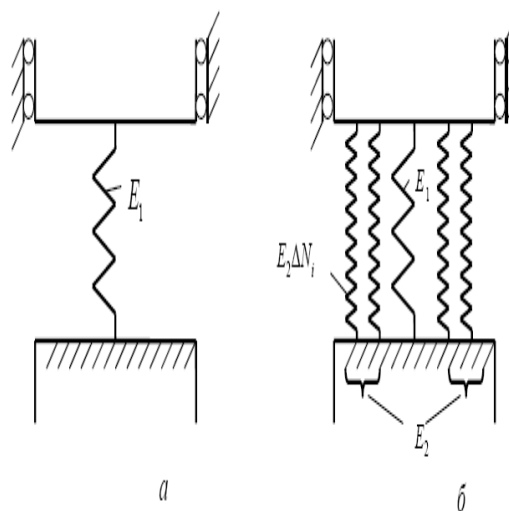


Кинематика процесса и соответствующее ей напряженное состояние

структуру. От особенностей её организации зависят физико-механические свойства

деформируемых сред. Учет структуры материала и её изменения при деформировании на микро- и наноуровнях необходим при создании новых материалов с улучшенными физико-механическими свойствами. Традиционные модели термодинамики деформируемых сплошных сред не всегда описывают с удовлетворительной точностью поведение современных сложных материалов. Фундаментальные исследования проводились по следующим направлениям:

– развитие теории построения опреде-



Модельное представление стеклующегося полимера:
а – высокоэластичное состояние,
б - стеклообразное

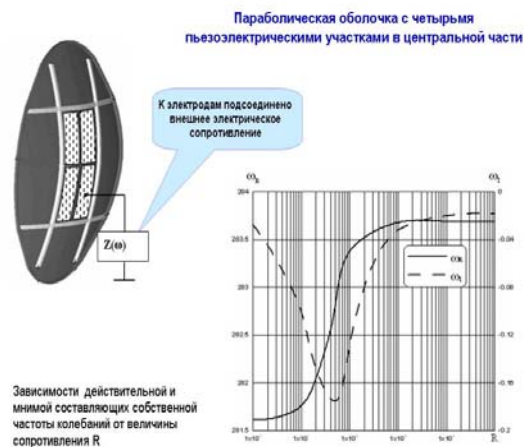
ляющих уравнений термо-упруго-неупругих процессов при больших деформациях и структурных изменениях в материале;

- построение новых моделей термомеханического поведения полимерных и композиционных материалов в широком диапазоне температур, включающих релаксационные и фазовые переходы (стеклование, кристаллизацию);
- исследование деформационных и диссипативных свойств современных электровязкоупругих композитных материалов на основе пьезоволокон при воздействии электрических полей.

В рамках работ по первому направлению предложена функциональная связь меры структурных изменений с неупругой работой (мощностью). В функцию свободной энергии введено слагаемое, отвечающее за структурные изменения, происходящие в материале в процессе термоупруго-неупругого деформирования, и предложена зависимость этого слагаемого от меры структурных изменений. Используя известные данные калориметрических экспериментов, описана принципиальная возможность идентификации параметров, входящих в функции связи меры структурных изменений с неупругой работой и со слагаемым в свободной энергии.

Предложена модель термомеханического поведения полимерных материалов, основанная на трактовке стеклования как процесса постепенного наращивания полимерной сетки межмолекулярных связей, «замораживающих» текущую деформацию, в диапазоне температур, включающем релаксационный переход. Экспериментально исследованы релаксационные переходы при постоянных и переменных скоростях изменения температуры в стеклующихся полимерных материалах (сетчатых, линейных, разветвленных полимерах) и уточнен вид феноменологических соотношений, связывающих степень застеклованности с температурой и скоростью температуры. Численно установлены основные качественные и количественные закономерности эволюции напряженного и деформированного состояния в полимерных материалах и изделиях при их изготовле-

нии в сложных режимах изменения температурных и силовых полей, соответствующих реальным технологическим процессам производства полимеров.



Демпфирование играет важную роль в динамическом поведении конструкций. Практический интерес представляет демпфирование колебаний конструкций, имеющих элементы, выполненные из пьезоэлектрических материалов, с внешними электрическими цепями. Для решения задачи оптимизации демпфирующих свойств построена модель поведения электровязкоупругой системы с дискретными обратными связями по электрической компоненте вектора состояния для учета активных и пассивных обратных связей, разработаны схемы метода конечных элементов. Решение поставленной проблемы было сопряжено с рассмотрением связанных задач электровязкоупругости, постановкой новых механических задач, в частности, задачи о собственных колебаниях электровязкоупругих тел с внешними электрическими связями.

Правовая защита определена авторским правом. Основные результаты, полученные в 2009-2011 гг., опубликованы в 1 монографии, 4 учебных пособиях и в 14 статьях в российских и зарубежных реферируемых журналах.

Матвеев В.П., Сметанников О.Ю., Труфанов Н.А., Шардаков И.Н. Термомеханика полимерных материалов в условиях релаксационного перехода. – М.: Физматлит, 2009. – 176 с.

Роговой А.А., Столбова О.С. Процедура восполнения напряжений при решении краевых задач механики деформируемого

твердого тела методом конечных элементов // Прикладная математика и механика, 2010, т. 74, вып. 3. с. 994-1010.

Матвеев В.П., Клизман Е.П., Юрлов М.А., Юрлова Н.А. Демпфирование механических колебаний зашунтированными пьезоэлектрическими структурными элементами // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2011. №2. С. 23-35.

I.N. Sahardakov and I.N.Wasserman. Numerical modelling of longitudinal vibrations of a sucker rod string. // Journal of Sound and Vibration, Vol. 329,(2010), Issue 3, pp. 317-327, 2010.

Е.П. Клизман, В.П. Матвеев, Н.В. Севодина. Определение собственных колебаний кусочно-однородных вязкоупругих тел с использованием пакета Ansys // Вычисл. мех. сплош. сред. –2010. – Т. 3, № 2.- с. 46-54.

Разработанные модели термомеханического поведения полимерных материалов применены для решения прикладных задач прогнозирования и оптимизации полей технологических напряжений в конструкциях из полимерных и композиционных материалов.

Предложенный вариант теории электровязкоупругих оболочек в рамках вариационной задачи о движении электровязкоупругого тела, один размер которого существенно меньше двух других, и с наложенными на него дискретными обратными связями по электрической компоненте вектора состояния, позволяет проектировать системы для управления свойствами объекта, выполненного из активных smart-материалов.

Результаты и выводы, полученные в ходе исследований, могут быть использованы для лучшего понимания процессов механического межкомпонентного взаимодействия в твердых полимерных композиционных материалах, позволят получать при моделировании более достоверную информацию о деформационных процессах в материалах с микро- и макроструктурой при наличии физических и химических явлений.

Выполнение исследований опирается на вычислительные и экспериментальные

возможности кафедры механики сплошных сред и Института механики сплошных сред УрО РАН. В частности, использованы:

- Лицензионные вычислительные ресурсы кафедры: полнофункциональные коммерческие пакеты ANSYS Mechanical, Civil FEM и установленный на 32-х процессорном кластере HP LS3000 Series пакет ANSYS Multiphysics с модулями ANSYS HPC Pack, ANSYS DesignModeller, ANSYS Geometry Interface for SAT. Также использованы программы LS-DYNA, Mathematica, Maple, MATHLAB, MathCAD, Borland Developer Studio, Intel Visual Fortran Compiler.

- Сертифицированное экспериментальное оборудование: кафедры (универсальная испытательная машина ZWICK Z250, динамический анализатор DMA/SDTA861e, испытательное устройство NanoTest-600, Атомно-силовой микроскоп Dimention Icon, ВИБРОСТЕНДЫ TV51120 и TV56263/LS, лазерный виброметр PDV-100) и Института механики сплошных сред УрО РАН (универсальные испытательные машины Testometric и Zwick, тепловизор NEC TH9100PRO, атомно-силовой микроскоп Nano-DST™, спектральный эллипсометрический комплекс «ЭЛЛИПС-1891 САГ», оптический микроскоп Hiox KH-7700, спинкоатер WS-400D LITE и другие).

Большая часть результатов получена впервые, имеет фундаментальное и прикладное значение и создает существенный задел для успешного выполнения исследований в данной области. Предлагаемые методы и подходы не уступают мировому уровню и содержат ряд элементов, обладающих научной новизной, существенно повышают эффективность исследований.

Экспериментальные данные, полученные в ходе выполнения задач проекта, являются новыми.

Пермский край традиционно является промышленным регионом, в котором развито машиностроение, строительство авиамоторов, производство оптических волокон, гражданское строительство.

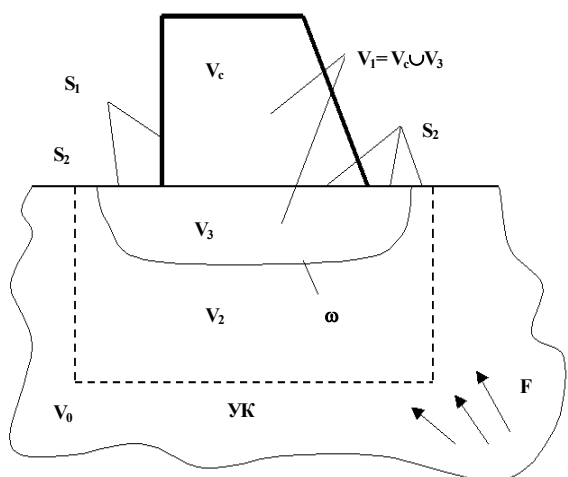
Полученные результаты могут быть использованы в машиностроении, авиаци-

онном моторостроении, в медицине, при оценке безопасности инженерных сооружений, при проектировании и оптимизации технологических режимов изготовления полимерных материалов, а также для определения рациональных режимов эксплуатации конструкций. Расчет таких режимов на этапе проектирования позволит снизить затраты на дорогостоящие экспериментальные и натурные испытания и тем самым повысить экономическую эффективность.

Конечно-элементное моделирование сейсмостойкости массивных сооружений с учетом оттока волн в основание на основе использования постановок теории упругости с заданными скачками искомых функций.

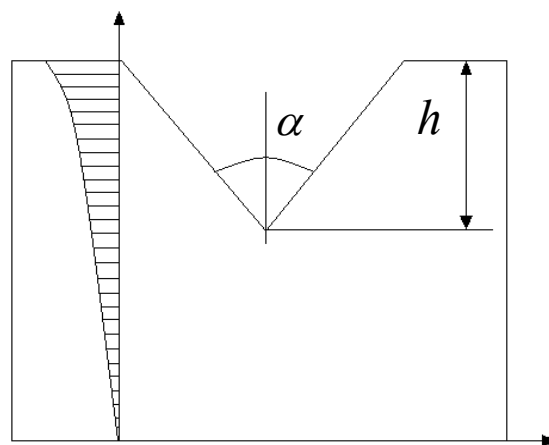
Разработка создана в период 1982-2011гг. на кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного университета. Автор Терпугов В.Н.

Расчетная модель для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) массивного сооружения (возможно с прилегающей областью основания), находящегося под сейсмической нагрузкой, предполагает одновременное решение двух взаимосвязанных проблем: задание источника возмущения, моделирующего сейсмическую активность района, и обеспечение в расчетной схеме оттока волн от исследуемой области в основание (см. рис.).



Первое означает, что в качестве возмущения необходимо использовать известные, например, смоделированные, сейсмограммы дневной поверхности будущего района строительства сооружения, как наиболее достоверную информацию о (возможном) сейсмическом источнике. Обычно для задания возмущений такие сейсмограммы используются в виде крайних условий на границе расчетной области. В результате эта граница становится источником вторичных волн, которые изменяют реальную волновую картину в исследуемой области.

Второе предполагает, что в расчетную схему заложен механизм взаимодействия с полубесконечным основанием, и тем самым обеспечен отток волновой энергии. Для массивных сооружений, геометрические размеры которых, как правило, сопоставимы с длинами входящих в возмущение волн, это весьма существенно, так как учет оттока волновой энергии позволяет получить правильную картину волнового движения в сооружении и, тем самым, исключить излишние запасы прочности. В настоящее время известно несколько способов «моделирования бесконечности» при численных расчетах. Однако для рассматриваемых задач сейсмостойкости массивных сооружений проблема состоит в том, чтобы обеспечить одновременное использование какого-либо из этих способов вместе с адекватным моделированием сейсмического источника.

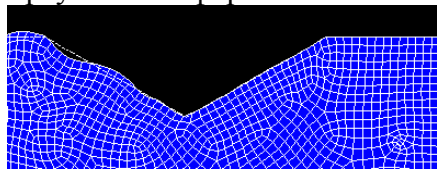


Расчетная модель, приводящая к задачам с заданными скачками искомых функций на некоторых границах внутри расчетной области, является, по-видимому, са-

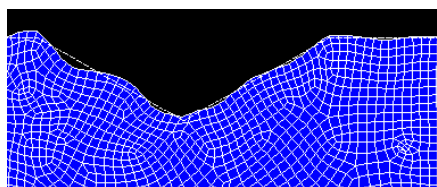
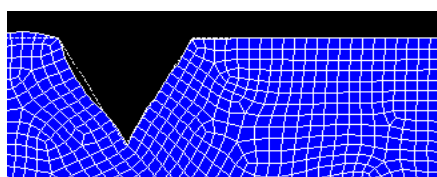
мой адекватной механической постановкой, позволяющей учитывать оба отмеченных фактора одновременно. В работе выполнено построение такой модели в рамках нестационарной линейной теории упругости. Для поставленной задачи получена вариационная постановка в свертках и выполнена ее конечно-элементная дискретизация, реализованная в виде программного комплекса.

Изучается возможность включения подобных алгоритмов в пакет ANSYS.

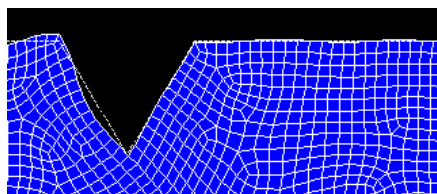
Полученная постановка и ее конечно-элементная программная реализация позволяют решать задачу определения НДС «сооружения на основании» учитывая отток энергии в основание как при возмущении, вызванном сейсмическим источником, так и другими видами динамических источников. Реализованная схема расчета позволяет также решать любые другие задачи, где учет оттока волн от исследуемой области в окружающее пространство имеет существенное значение, например, представленную на рисунках задачу о распространения поверхностной волны через карьер треугольной формы.



$\Delta t = 42 c$



$\Delta t = 102 c$



Колебание бортов каньона
(слева угол 60° , справа – 30°)

Основные результаты, полученные при построении и реализации данной модели изложены в 23 статьях. Ниже представлены некоторые из них:

Давыдов Н.И., Колосова Г.С., Куроедов В.В., Терпугов В.Н. Совершенствование методов расчета элементов гидротехнических сооружений. Материалы конф. и совещ. по гидротехнике. Оценка и обеспечение надежности гидротехн. сооружений. – Л.: Энергоиздат, Л.О., 1982, с.88-94.

Розин Л.А., Константинов И.А., Терпугов В.Н. Решение нестационарных задач упругости применительно к расчету сооружений на сейсмические воздействия МКЭ. Известия ВНИИГ им.Б.Г.Веденеева, т.181, 1985. – с.98-105.

Терпугов В.Н. Алгоритм МКЭ решения нестационарных задач линейной теории упругости. В сб.: Вопросы динамики и прочности, Рига, Зинатне, 1987, вып.48, с.34-45.

Terpugov V.N. FEM Algorithm for Linear Elasticity Dynamics Problems. Journal of Structural Mechanics Vol. 27, 1994, №1. – p.26-35.

Терпугов В.Н. Конечно-элементное моделирование задачи расчета НДС массивного сооружения на сейсмостойкость. Труды IX Всероссийской школы-семинара «Современные проблемы математического моделирования», 17-21 сентября 2001 г., пос. Дюрсо. – с.335-344.

Терпугов В.Н. Конечно-элементные алгоритмы на основе комбинированных вариационных постановок в свертках для задач теории упругости с заданными скачками искомых функций. Вестник Пермского университета, Математика. Механика. Информатика., вып.2 (2), 2005, с.195-202.

Терпугов В.Н. Алгоритмы МКЭ на основе комбинированных вариационных постановок в свертках для динамических задач теории упругости. Смешанные задачи механики деформируемого тела: Труды докладов V Рос. конф. с межд. Участием, Саратов, 23-25 Августа 2005 г. – Саратов: Изд-во Саратов. Унив-та, 2005. – 332 с. – стр.307-311.

Терпугов В.Н. Постановка и решение в рамках нестационарной теории упругости задачи определения сейсмонапряженного состояния массивных сооружений и скальных массивов методом конечных элементов Современные проблемы и перспективы

механики. Материалы Международной научно-технической конференции. 17-18 мая 2006 г., – Ташкент, 2006. – стр.403-405.

Розин Л.А., Терпугов В.Н. Вариационные постановки задач упругого равновесия с одновременно заданными скачками напряжений и перемещений. Научно-технические ведомости СПб ГПУ 1 (74) 2009 (УДК 62-4). Наука и образование. Стр. 65-72.

Терпугов В.Н. Алгоритмический способ моделирования бесконечных областей при решении волновых задач МКЭ. Труды XXIII Международной конференции. «Математическое моделирование в механике деформируемых тел и конструкций. Методы граничных и конечных элементов». – Изд. Моринтех, т.2, СПб, 2009г. – стр.441-448.

Терпугов В.Н. Программа ELASOIL FEM SD BASIC решения статических и динамических плоских задач теории упругости. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010611556. Заявка №2009617534. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 25 февраля 2010 г.

С использованием данной программы решен ряд модельных и практически значимых задач.

Выполнение исследований опирается на вычислительные возможности кафедры механики сплошных сред. В частности, использованы: лицензионные полнофункциональные коммерческие пакеты ANSYS Mechanical, Civil FEM и установленный на 32-х процессорном кластере HP LS3000 Series пакет ANSYS Multiphysics с модулями ANSYS HPC Pack. Для продвижения данной и других развиваемых на кафедре вычислительных моделей создано малое инновационное предприятие ООО «Лаборатория Аргумент».

Отечественных и зарубежных аналогов подобных методов расчета на сейсмостойкость массивных сооружений с учетом оттока волн в основание и моделирования сейсмических источников с помощью заданных скачков искомых функций не существует.

Потенциальными пользователями разработки являются организации, осуществляющие расчеты на сейсмостойкость и

любые другие динамические возмущения, когда необходимо учитывать отток волновой энергии от исследуемой области. Например, организации осуществляющие проектирование, строительство и эксплуатацию ответственных массивных сооружений: атомных станций, гидротехнических сооружений, например, плотин, дамб и т.п.

Проектирование и эксплуатация автоматизированных систем деформационного мониторинга ответственных инженерных сооружений.

Разработка создана в период 2006-2011гг. на кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного университета. Авторы разработки Матвеев В.П., Шардаков И.Н., Цветков Р.В., Голотина Л.А.

За минувшее столетие в ходе развития экономик и миграции людей в города в стройиндустрии произошли крупные изменения: появились высотные многоэтажные здания и другие сложные инженерные конструкции для обеспечения жизнедеятельности людей. Экономические факторы спровоцировали оптимизацию затрат на строительство и побудили тенденции к более высокому и плотному строительству, а также строительству в сложных геологических условиях. Эти обстоятельства потенциально увеличивают риски возникновения аварийных ситуаций, последствия которых приобрели высокую технологическую и социальную значимость.

В современных условиях основным средством минимизации возможности возникновения катастрофических ситуаций из-за деформационных процессов в элементах ответственных инженерных сооружений являются автоматизированные системы деформационного мониторинга.

Коллективом сотрудников кафедры и Института механики сплошных сред УрО РАН разработана методология проектирования, создания и эксплуатации современных автоматизированных систем деформационного мониторинга ответственных инженерных и строительных сооружений, которые реализуют следующие функции:

- автоматический онлайн-режим

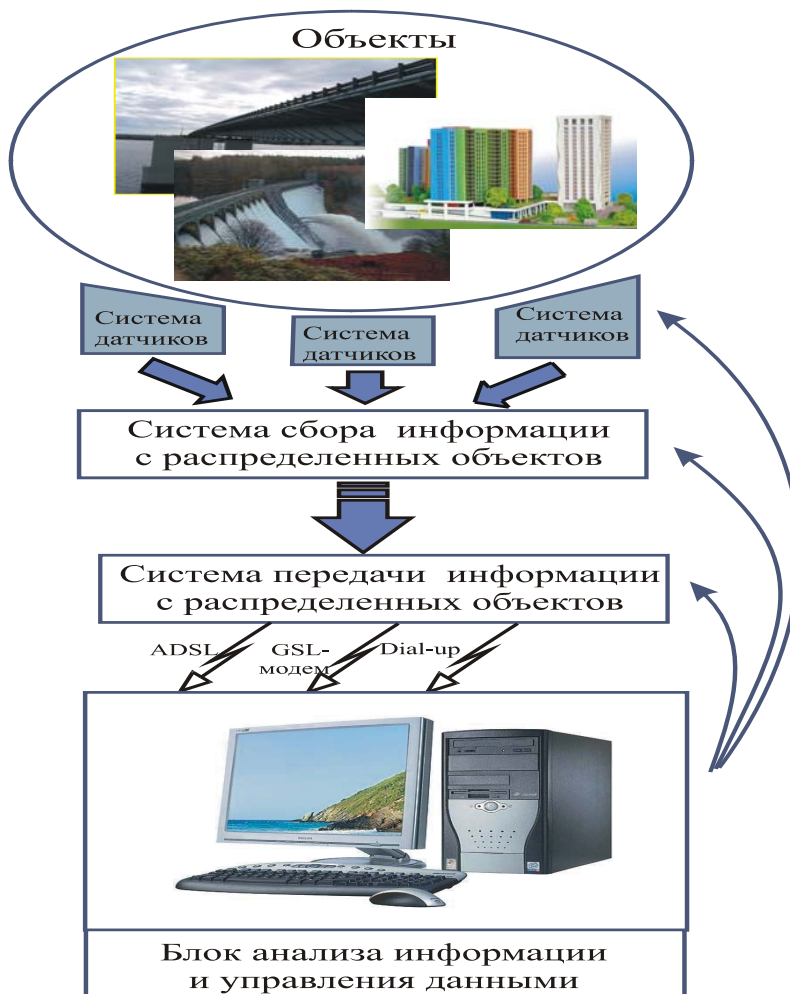
измерения деформационных параметров системами датчиков;

- сбор и передачу результатов измерений на сервер системы мониторинга;
- математическую обработку результатов измерений и оценку текущих деформационных процессов на основе компьютерной реализации математического моделирования;
- прогноз и оценку степени риска возможности возникновения критических

сценариев деформационных процессов в любых элементах сооружения;

- передачу и визуализацию результатов мониторинга диспетчерским службам с использованием web-технологий.

Схематично общая структура деформационного мониторинга инженерных и строительных сооружений представлена на рис.



Структурная схема деформационного мониторинга инженерных и строительных сооружений

Авторские права защищены патентом.

Пат. № 2378457, Российская федерация, МПК E02D33/00. Система мониторинга здания, находящегося под действием возмущений от его фундамента / И.Н. Шардаков, В.П. Матвеев, Р.В. Цветков, Л.А. Голотина; заявитель и патентообладатель ИМСС УрО РАН. – №2008145818 Заявл. 19.11.2008; опубл. 10.01.2010.

Основные результаты исследований по разработке автоматизированных систем деформационного мониторинга представлены в работах:

Цветков Р.В., Шардаков И.Н. Моделирование деформационных процессов в системе «грунтовое основание-фундамент-здание» при наличии карстовых явлений // Вычислительная механика сплошных сред. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 102-116.

Цветков Р.В., Шардаков И.Н. Автоматизированная система измерения неравномерности осадок сооружения // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – Волгоград. – 2008. – Вып. 10 (29). – С. 128-134.

Голотина Л.А., Цветков Р.В., Шардаков И.Н. Использование программного средства «ANSYS» в автоматизированной системе мониторинга механического состояния зданий и сооружений // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2008. – Т. 4, №. 2. – С. 48-49.

Матвеев В.П., Шардаков И.Н., Цветков Р.В. Интеллектуальный мониторинг механического состояния зданий и сооружений // Труды Всероссийской научной сессии научных советов РАН по механике деформируемого твердого тела и по проблемам горных наук. – Якутск, 16-20 июня 2008. – С. 15-21.

Шардаков И.Н., Цветков Р.В., Мухаметжанов И. Мониторинг деформационного состояния жилого дома при помощи оптико-волоконных датчиков // Фотон-экспресс. – 2007. – № 6. – С. 62-63.

Результаты научно-исследовательских работ по подходам к проектированию и созданию автоматизированных систем деформационного мониторинга воплощены в реальную систему, установленную на пятиэтажном жилом доме, расположенном в карстовом районе (г.Кунгур, Пермский край). Эта система позволила за 2.5 года бесперебойной работы своевременно оценивать степень безопасности эксплуатации здания и своевременно принимать правильные решения по инженерно-организационным мероприятиям.

В настоящий момент, совместно с Институтом механики сплошных сред УрО РАН и Пермской научно-производственной приборостроительной компанией ведутся разработки нового варианта автоматизированной системы деформационного мониторинга на основе оптико-волоконной элементной базы.

Для успешного выполнения исследований по разработке и созданию автоматизированных систем мониторинга задействованы научный потенциал кафедры механики сплошных сред и вычислительных тех-

нологий и Института механики сплошных сред УрО РАН и имеющиеся в их распоряжении научно-исследовательское оборудование (коммерческий программный продукт ANSYS, Машина универсальная испытательная ZWICK Z250, динамический анализатор DMA/SDTA861e, испытательное устройство NanoTest-600 для оценки свойств материалов на уровне структуры, ВИБРОСТЕНДЫ TV51120 и TV56263/LS, лазерный виброметр PDV-100).

Научно-технический уровень разрабатываемых систем деформационного мониторинга соответствует лучшим мировым аналогам. По уровню разработок, заложенных в аналитический блок системы, предлагаемые решения превосходят зарубежные аналоги.

Потенциальными пользователями подобных разработок могут быть организации, строящие и эксплуатирующие ответственные инженерные и строительные сооружения, особенно в условиях техногенного и природного деформационного воздействия.

Исследовательская лаборатория «Полимерные нанокompозиты. Свойства, технология, применение».

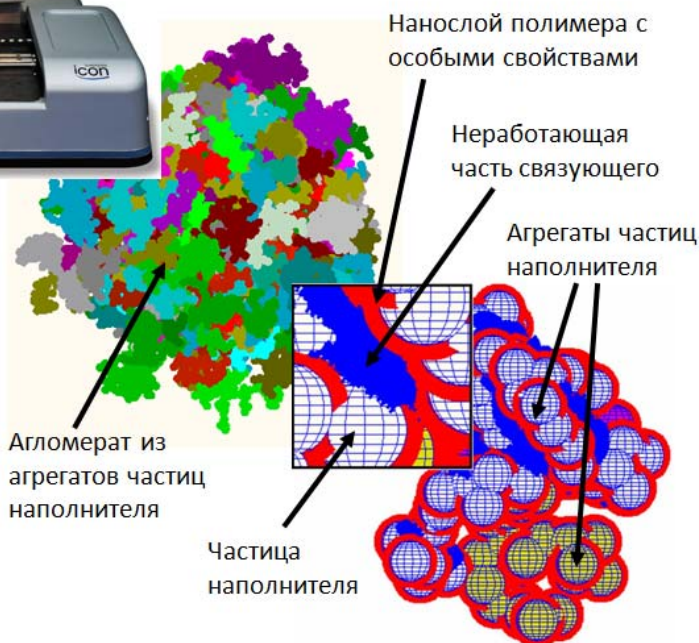
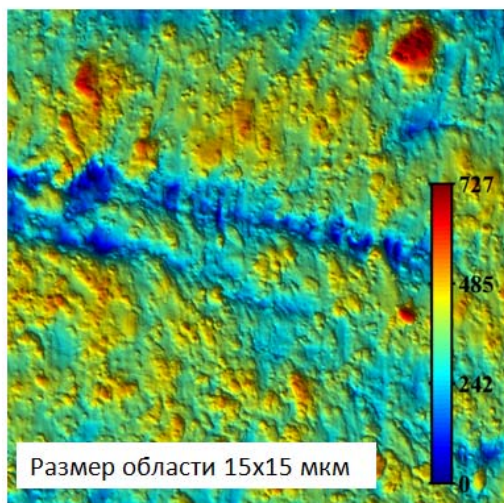
В рамках развития Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ) при участии Института механики сплошных сред УрО РАН (ИМСС) создается современная лаборатория для изучения и математического моделирования структуры и свойств полимерных нанокompозитов. Основной задачей лаборатории является комплексное изучение влияния структуры материала и активности наполнителя на механические свойства полимерных нанокompозитов. Целью осуществляемых и планируемых научно-исследовательских работ является поиск ответов на вопросы теории нанокompозитов, которые считаются в настоящее время до конца не решенными. Одновременно с проведением широкого комплекса экспериментальных исследований разрабатываются методы экспериментального изучения свойств, создаются матема-

тические модели нанокompозитов, для которых реализуются вычислительные эксперименты, необходимые: а) для понимания процессов, имеющих место на наноуровне материала; б) исследования механизмов формирования улучшенных макроскопических свойств нанокompозитов; в) создания теоретических основ и программного обеспечения для виртуального проектирования новых полимерных материалов и изделий из них.

Создаваемая лаборатория имеет экспериментальный исследовательский сектор и

сектор вычислительных технологий. Экспериментальный сектор в своих исследованиях опирается на испытательное оборудование ИМСС и ПГНИУ, необходимое для изготовления полимерных образцов с нанонаполнителями, оборудования для осуществления структурных исследований на нано- и микро- уровнях, установок для осуществления термомеханических испытаний в широком диапазоне температур, нагрузок и скоростей деформирования материалов и т.д.

Исследование материала на наноуровне с помощью атомно-силовой микроскопии



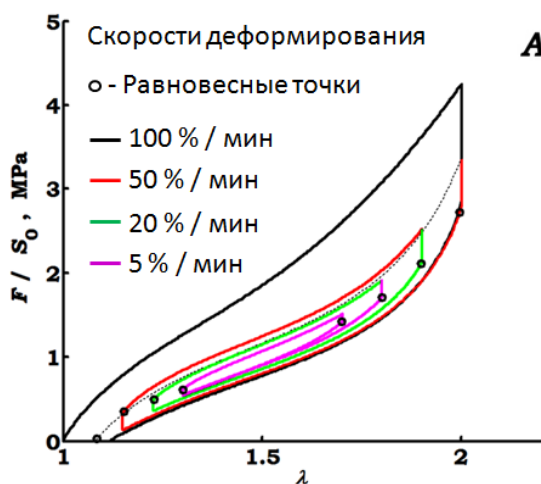
Компьютерное моделирование структуры полимерного нанокompозита

Основу необходимых для исследований на микро- и нано- уровнях экспериментальных установок составляет оборудование кафедры механики сплошных сред: универсальная испытательная машина Zwick для реализации «классических» испытаний на растяжение-сжатие, сдвиг и кручение; для анализа упругих и вязкоупругих свойств материалов используется динамический механический анализатор DMA/SDTA861; для исследования механических свойств материалов на микроуровне при температуре до 500 граду-

сов используется экспериментальная установка NanoTest-600, позволяющая получать информацию методом индентирования, царапания и удара. А также используется новое оборудование, приобретаемое в рамках программы развития университета как Национального исследовательского университета России. Структурные исследования осуществляются с помощью атомно-силового микроскопа Dimension Icon. Кроме стандартных контактных, полуконтактных и силовых измерений он позволяет получать карты адгезии, модуля

Юнга, деформации образца, диссипации энергии, проводить исследования в широком диапазоне температур (от -30 до 250 градусов), измерять туннельные токи, осуществлять измерения в жидкости, осуществлять наноиндетацию специальным алмазным наконечником, позволяет разрабатывать и использовать собственные методики измерений. Приобретаемый ультрамикротом Leica RM2265 с криосистемой Leica LN22 позволит изготавливать образ-

цы для исследований на имеющемся АСМ Dimension Icon, а также на других доступных (ПГНИУ, ИМСС) электронных и силовых микроскопах. Для изготовления образцов нанокompозитных материалов из термопластичных полимеров планируется приобрести настольный двухшнековый экструдер PRISM TSE 16 TC и микромашину для литья под давлением HAAKE MiniJet.



Эксперимент, дающий информацию о размягчении материала после первого нагружения (эффект Маллинза), вязкоупругом поведении при разных скоростях деформирования, релаксационных процессах при разных удлинениях образца, остаточных деформациях

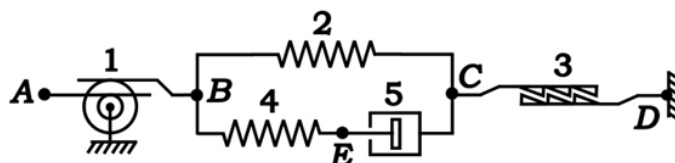


Иллюстрация двухуровневой структурно-феноменологической модели, используемой для описания поведения эластомерных нанокompозитов в условиях больших деформаций



Сектор вычислительных технологий использует имеющиеся полнофункциональные коммерческие и исследовательские версии пакета прикладных программ ANSYS, включающие модули ANSYS Multiphysics и программное обеспечение для распараллеливания ANSYS HPC Pack, LS-DYNA, CFX, ANSYS DesignModeller, ANSYS Geometry Interface for SAT (установленных на 32-х процессорном кластере HP LS3000 Series), ANSYS Academic Research, ANSYS Mechanical, Civil FEM, а также Mathematica, Maple, MATHLAB, Mathcad, Borland Developer Studio, Intel Visual Fortran Compiler и другие.

Экспериментальные данные о механических свойствах нанокompозитов, получаемые в экспериментальном исследова-

тельном секторе, необходимы для построения математических моделей, учитывающих процессы на структурном уровне нанокompозитов. Новые определяющие уравнения используются для построения вычислительных моделей технологии изготовления и эксплуатации изделий из полимерных нанокompозитов, разрабатываемых и продвигаемых авторами проекта на рынок проектирования изделий из современных материалов. Кроме этого осуществляются вычислительные эксперименты, моделирующие работу экспериментального оборудования. В первую очередь это касается измерений, осуществляемых с помощью атомно-силового микроскопа. В расчетах учитываются упругие свойства материалов, силы Лапласа, вызванные

кривизной поверхностей раздела фаз на наноуровне материала, особенности взаимодействия Ван-дер-Ваальса после внедрения зонда в исследуемый материал, влияние поверхностной энергии и так далее.

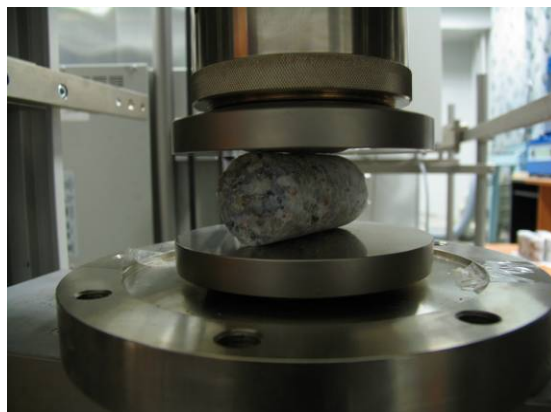
Важным элементом работы создаваемой лаборатории является тесное сотрудничество с Институтом механики сплошной среды УрО РАН. Это сотрудничество имеет многолетнюю историю. В академическом институте с 1995-го года успешно работает филиал кафедры механики сплошной среды и вычислительных технологий ПГНИУ. За годы сотрудничества сложилась традиция комплексного подхода к исследованиям с использованием кадровых, экспериментальных и вычислительных ресурсов университета и академического института. Выполняются совместные работы по государственным контрактам, проектам Российского фонда фундаментальных исследований, федеральным целевым программам. Для совместной работы задействуются вычислительные возможности Института механики сплошных сред УрО РАН, универсальные испытательные машины Testometric и Zwick, тепловизор NEC TN9100PRO, атомно-силовой микроскоп Nano-DST™, спектральный эллипсометрический комплекс «ЭЛЛИПС-1891 САГ», оптический микроскоп Nirox KH-7700, спинкоатер WS-400D LITE и другие приборы, имеющиеся в Институте механики сплошной среды УрО РАН.

Таким образом, целью работы лаборатории является разработка основ виртуального проектирования эластомерных нанокомпозитов. Второй, не менее важной целью, является использование создаваемых структурно-феноменологических моделей для построения вычислительных моделей в программе ANSYS. Результатом работы является продвижение на рынок НИОКР высокоинформативных экспериментальных методик исследований полимерных нанокомпозитов, программного обеспечения для их обработки, новых математических моделей эластомерных нанокомпозитов, более точно учитывающих реальную физику материалов, новых рас-

четных схем для вычислительного моделирования.

Методы определения физико-механических свойств материалов и конструкций.

Экспериментальный метод разрабатывается с января 2009г. в лаборатории термомеханических методов испытаний кафедры механики сплошных сред и вычислительных технологий на базе Универсальной Испытательной Машины ZWICK Z-250 (УИМ ZWICK Z-250).



Авторы разработки д.т.н., проф. Константинова С.А., д.т.н., проф. Аптуков В.Н., к.т.н., доц. Пестренин В.М., зав. лабораторией Мерзляков А.Ф.

Метод позволяет экспериментально определять деформационные и прочностные характеристики природных (каменная соль, горные породы, дерево) и



искусственных материалов (металлы, композиционные материалы, полимеры, керамика, строительные материалы). По результатам экспериментов возможно построение паспорта прочности материалов, предлагаемая методика

позволяет решить эту проблему без проведения сложных испытаний. Эксперименты проводятся на современном, мирового уровня, оборудовании лаборатории – Универсальной Испытательной Машине ZWICK Z-250 (УИМ ZWICK Z-250). Данная установка дает возможность проведения исследований в широком диапазоне. Это испытания на растяжение, сжатие (до 250 кН), изгиб, кручение, сложные испытания (растяжение с кручением). При проведении ряда испытаний возможно использование температурной камеры (от -80°C до $+250^{\circ}\text{C}$), высокотемпературной печи (до $+1200^{\circ}\text{C}$). Испытания можно проводить в разных режимах нагружения: с заданными скоростями нагружения, деформации. Можно провести исследования на кратковременную релаксацию, ползучесть.

Проводятся исследования термомеханических свойств элементов конструкций. В лаборатории выполнены к настоящему времени исследовательские работы с рядом предприятий Перми и Пермского края (ОАО «Галургия», ОАО «Хенкель-Пемос», ООО «Технологии стеклопластиковых трубопроводов», ЗАО «Новомет-Пермь» и др.)

Результаты экспериментов используются при разработке новых материалов и конструкций, построении моделей термомеханического поведения, включая численное моделирование элементов конструкций и сооружений и при проведении комплексных исследований с использованием различных экспериментальных установок.

Результаты исследований опубликованы:

И.Б. Ваулина, М.В. Гилев, С.А. Константинова, А.Ф. Мерзляков. Некоторые результаты испытаний физико-механических свойств породных образцов междупластовой каменной соли. Горный информационно-аналитический бюллетень. №12. Москва, изд-во МГГУ. 2007. С.176-179.

Пестренин В.М., Пестренина И.В., Мерзляков А.Ф. О неоднородности напряженного состояния образцов в опытах на

сжатие // Изв. вузов. Горный журнал. – 2008. – №4, – С.66-69.

В.Н. Аптуков, С.А. Константинова, А.Ф. Мерзляков. Особенности разрушения образцов перистой каменной соли при испытаниях на сжатие. (Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07 – 01 – 97613 р – офи)). // ФТПРПИ. – Новосибирск: СО РАН. – 2009. – №3. С. 58-66.

В.Н. Аптуков, М.В. Гилев, С.А. Константинова, А.Ф. Мерзляков. Деформирование и разрушение образцов карналлита первого Соликамского рудника. (Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект № 2.1.2/5135) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-08-99075 р-офи)). // Маркшейдерия и недропользование. 2009 г. №6, с. 61-65.

В.Н. Аптуков, А.Ф. Мерзляков. О построении кругов Мора по данным испытаний образцов различной геометрии на одноосное сжатие // Известия вузов. Горный журнал. – 2010. – № 1. – С. 109–114. (Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект № 2.1.2/5135)).

А.М. Игнатова, А.Ф. Мерзляков, А.М. Ханов. Методика и оборудование для определения предела механической прочности на сжатие литых образцов синтетических минеральных сплавов // Вестник ПГТУ. Машиностроение, материаловедение. 2010. Том 12, №3. С. 126-133.

По результатам комплексных испытаний образцов каменной соли и элементов конструкций предложен способ крепления горной выработки, на который получен патент на изобретение – Аптуков В.Н., Константинова С.А., Мерзляков А.Ф., Соловьев В.А. «Способ крепления выработок». Рег.№ 2387840 от 27.04.2010.

Универсальная испытательная машина сертифицирована, постоянно находится в рабочем состоянии.

Сертифицированное современное экспериментальное оборудование кафедры (динамический анализатор DMA/SDTA861e, испытательное устройство NanoTest-600, атомно-силовой микроскоп Dimencion Icon, ВИБРОСТЕНДЫ TV51120 и TV56263/LS) дают возможность проведения комплексных испытаний. Полученные результаты экспериментов широко используются для построения математических моделей и расчетных схем метода конечных элементов, на основе которых либо разрабатываются собственные программы, либо проводится вычислительное моделирование с использованием имеющихся на кафедре лицензионных пакетов: ANSYS (различные модули), а также Mathematica, Maple, MATLAB, MathCAD.

Наличие современной классической испытательной машины и развитых методов обработки экспериментальных данных, в том числе компьютерного моделирования, позволяет проводить исследования на уровне мировых стандартов.

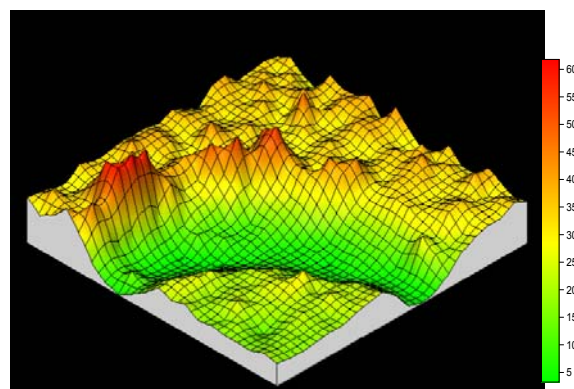
Потенциальные партнеры: предприятия горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности; предприятия, создающие или использующие новые современные материалы (полимеры, композиты и пр.); машиностроительные предприятия, научно-исследовательские институты.

Возможности комплексных структурно-механических испытаний на нано-, микро- и макроуровнях кафедры механики сплошных сред и вычислительных технологий.

В результате реализации национального проекта «ОБРАЗОВАНИЕ» кафедра механики сплошных сред и вычислительных технологий приобрела уникальное испытательное оборудование, которое позволяет проводить комплексные структурно-механические исследования на нано-, микро- и макроуровнях универсальную испытательную машину ZWICK Z-250, экспериментальную установку NanoTest-600,

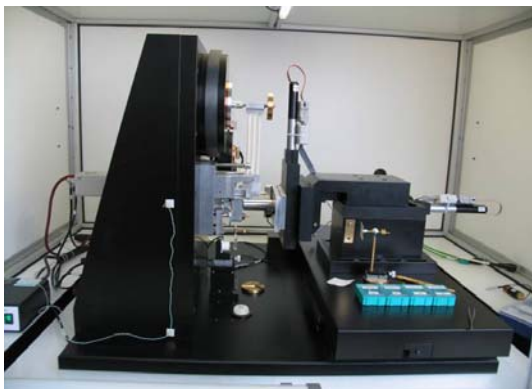
прибор динамического механического анализа DMA/SDTA861e. В связи с приобретением в 2010-м году атомно-силового микроскопа Dimension ICON возможности испытаний на микро- и наноуровнях еще более расширились. В исследованиях принимают участие: проф., д.ф.-м.н. Шардаков И.Н., проф., д.ф.-м.н. Свистков А.Л., д.т.н., проф. Аптуков В.Н., д.т.н., проф. Константинова С.А, к.т.н., доц. Пестренин В.М., к.т.н., доц. Башин Г.П, старший преподаватель Скачков А.П., зав. лабораторией Мерзляков А.Ф. Исследования ведутся под руководством академика РАН, проф., д.т.н. Матвеевко В.П.

Уникальность исследований основана на возможности проведения комплексных испытаний материалов и элементов конструкций, имеющих сложную структуру. Всё оборудование позволяет проводить эксперименты в широком диапазоне температур.



Примером комплексных испытаний являются исследования свойств и поведения образцов, полученных на Верхнекамском месторождении калийных и калийно-магниевых солей, проведенные совместно с ОАО «Галургия». На макроуровне проведены масштабные исследования свойств образцов, полученных с разных горизонтов горной выработки. Исследована ползучесть и релаксация горных пород. По результатам испытаний элементов конструкций запатентован новый способ крепления горной выработки. На микроуровне проведены исследования свойств отдельных фракций и, что очень важно, межзеренных границ (на рисунке приведена карта жесткости на границе двух кристаллов сильвинита, размер участка – 200x200мкм). Полученные результаты используются при

построении уточненных моделей поведения горных пород и выработок при добыче полезных ископаемых.



Уникальные возможности экспериментальных установок лаборатории позволяют проводить исследования таких сложных материалов, как композиты. На макроуровне проведены совместные работы с ООО «Технологии стеклопластиковых трубопроводов», которые позволяют усовершенствовать их производство. На микроуровне, совместно с сотрудниками Института механики сплошных сред УрО РАН по региональным грантам, грантам РФФИ и Программе РАН проводятся исследования свойств нанокompозитов с полиэтиленовой и резиновой матрицами. Изделия из таких материалов применяются в авиа- и ракетостроении, в автомобильной промышленности. С помощью установки DMA/SDTA861e (на рисунке) проведены динамические исследования фазовых переходов полимерной матрицы в широком диапазоне температур (от -150°C до $+500^{\circ}\text{C}$).

Совместно с ОАО «Пермская Научно-Производственная Приборостроительная Компания» и химическим факультетом университета проводятся исследования свойств кристаллов ниобата лития, использующихся при производстве оптических гироскопов. Уникальные возможности установки NanoTest-600 (на рисунке) позволили оценить качественные и количественные изменения свойств по глубине поверхностного слоя, где расположены светопроводящие каналы (глубина 200-2000 нм) при варьировании параметров химической и термической обработки кристаллов.

Использование вибростенда и климатической камеры для оптимизации расположения опор при колебаниях стержней, цилиндров и оболочек.

На кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского государственного университета разработана методика экспериментального решения задач оптимизации расположения опор при колебаниях упругих и вязкоупругих стержней, цилиндров и цилиндрических оболочек. Одна из областей применения: транспортировка строительных, авиационных конструкций и ракет с двигателями твердого топлива.



Для реализации методики используется современный вибростенд производства 2007г., приобретенный в 2008г. у германской фирмы «TIRA».



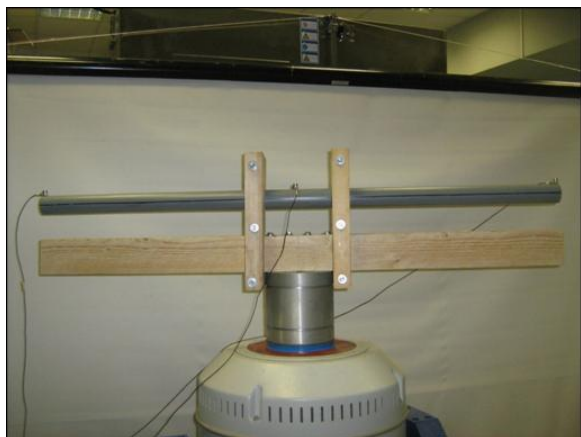
Вибростенд позволяет создавать:

- синусоидальную вибрацию;
- шумовую случайную вибрацию;
- классический удар;
- виброудар.

Для обеспечения возможности горизонтальной вибрации вибростенд снабжен дополнительным столом (458мм × 458мм).

Максимальная масса испытываемого груза для стола с вертикальной вибрацией составляет 150кг, а для стола с горизонтальной вибрацией – 300 кг.

Максимальное ускорение на пустом



Разработанная методика состоит в последовательности проведения и обработки результатов экспериментов с варьированием расположения опор, регистрацией амплитуд и собственных частот колебаний конструкции. Амплитуда колебаний измеряется по ее краям и в центре. Измерения проводятся с помощью вибродатчиков и лазерного виброметра. Оптимальным вариантом решения является расположение опор, обеспечивающее одновременно минимум амплитуд колебаний и максимум собственных частот. Минимум наибольшей амплитуды позволяет обеспечить максимум несущей способности конструкции. Максимум наименьшей по сравнению с другими мнимой части собственной частоты обеспечивает наилучшее демпфирование колебаний. Испытываемые модели и два варианта раздвижных опор были спроектированы и изготовлены в процессе разработки данной методики.

Методика и результаты проведенных с ее помощью исследований были доложены на конференциях и опубликованы в работах:

А.В. Ярушин, Р.О. Пулатов, Г.П. Башин. Оптимизация расположения опор при транспортировке вязкоупругих стержней и цилиндров // Актуальные проблемы математики, механики, информатики: сб. тез. науч.-практ. конф. (Пермь, 12-15. окт. 2010 г.). Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010. С. 279.

столе равно 80g.

Номинальный диапазон частот: 5–3000Гц.



А.В. Ярушин, Р.О. Пулатов. Расположение опор при динамическом нагружении вязкоупругих стержней и цилиндров // «Студент и научно-технический прогресс»: сб. тез. конф. (Новосибирск, 16-20. апр. 2011 г.). Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2011. С. 158.

Для моделирования воздействия влажности и температуры на исследуемую конструкцию была использована климатическая камера, которая может работать совершенно отдельно либо в непосредственной стыковке с вибростендом. Камера тайваньской фирмы «TERCHY» с полезным объемом 408 литров (600мм × 850мм × 800мм) позволяет создавать воздушную атмосферу с влажностью от 20% до 98% и температурой от -70°C до +150°C.



Описанная методика используется для проведения научных исследований совместно с Институтом механики сплошных сред УрО РАН.

В рамках практического применения, проведения испытаний различных изделий и аттестации оборудования кафедра сотрудничает с ФГУП «ОКБ «Маяк» и приборостроительной компанией ОАО ПНППК г. Перми.

Руководитель экспериментальных исследований, проводимых с использованием вибростенда и климатической камеры – заведующий лабораторией динамических методов испытаний, кандидат технических наук, доцент Башин Г.П.

С помощью указанного оборудования могут проводиться как научные, так и чисто практические исследования воздействия вибраций, температуры и влажности на любые объекты, подходящие для него по габаритам и весу.

Описанная методика и оборудование используются при выполнении студентами лабораторных, курсовых, бакалаврских, и магистерских работ посвященных разработке методики и непосредственной работе на оборудовании с последующим математическим описанием результатов проведенных экспериментов.

Динамический механический анализ свойств полимерных и композиционных материалов.

На кафедре механики сплошных сред и вычислительных технологий университета разработана методика экспериментальных исследований полимерных и наполненных композиционных материалов, в том числе нанокомпозитов. Для ее реализации используется прибор динамического механического анализа DMA/SDTA861e производства 2007г. швейцарской фирмы «METTLER TOLEDO» в комплексе с информационно-измерительной системой, управляемой с помощью специализированного пакета программ STARe версии 7.0. Научно-технический уровень данного прибора по отношению к лучшим мировым аналогам является достаточно высоким.



Методика состоит в последовательности проведения экспериментов с варьированием частоты и амплитуды динамической гармонической нагрузки, приложенной к образцу, а также оценке воспроизводимости получаемых результатов. Работа может осуществляться в режиме растяжения, сжатия, сдвига и трехточечного изгиба со свободными концами. Опции прибора позволяют расширять его возможности в случае приобретения новых захватов для образцов, например, проводить трехточечный изгиб с закрепленными концами, двухточечный изгиб с одним закрепленным концом и др. Диапазон изменения частоты приложенной гармонической нагрузки 0,002Гц - 200Гц. Амплитуда ее изменения может варьироваться от 0,005Н до 18Н.

Амплитуда деформации может достигать 1600 микрон, что при испытаниях на растяжение для базовой длины образца 10,5мм составляет около 15%. Опции прибора позволяют использовать захваты для образцов с базовой длиной 5,5мм и 19,5мм.

Температура образца может варьироваться в диапазоне от -150°C до +500°C. Для создания повышенной температуры используется встроенная в прибор печь, а для создания пониженной температуры – жидкий азот, помещенный в сосуд Дьюара, который подсоединен к встроенной печи.

В процессе эксперимента измеряются:

- температура образца;
- амплитуда приложенной силы;
- амплитуда деформации;
- сдвиг фаз между напряжением и деформацией.

Пакет программ STAR автоматически рассчитывает и позволяет вывести в числовом и графическом виде, кроме измеренных параметров, также: комплексный и динамический модули упругости, модуль потерь, тангенс угла механических потерь и другие характеристики. Диапазон измеряемых модулей – от сотен паскалей до сотен гигапаскалей.

Достоинством данного метода является возможность оценки не только упругих, но и вязких свойств материала в режиме динамического нагружения при различных частотах, амплитудах и температурах испытания.

Руководитель экспериментальных исследований, проводимых с использованием прибора – заведующий лабораторией динамических методов испытаний, кандидат технических наук, доцент Башин Г.П.

В результате использования прибора в учебном процессе и научно-исследовательской работе за 4 года было опубликовано 17 работ, часть из них приведены ниже.

Башин Г. П. Мониторинг технических объектов с использованием современных телекоммуникационных средств: Учебно-методическое пособие. – Пермь, 2007. – 93 с.

Башин Г.П., Шадрин В.В. Влияние наполнителя из наночастиц глины на механические свойства полиэтилена // Третья Всероссийская конференция по наноматериалам НАНО 2009. Екатеринбург, Уральское изд-во, 20 – 24 апреля 2009 г. – С. 628-630.

Shadrin V.V., Komar L.A., Bashin G.P. Investigation and mathematical modeling of dynamic properties of polyethylene // Proceedings of the XXXVII Summer School — Conference “Advanced problems in mechanics” — St. Petersburg (Repino), June 30 – July 5, 2009 – P. 581-586.

Shadrin V.V., Komar L.A., Bashin G.P. Effect of temperature and filler concentration on the dynamic characteristics of polyethylene-based nanocomposites// Proceedings of

the XXXVIII Summer School — Conference “Advanced problems in mechanics” — St. Petersburg (Repino), July 1 – 5, 2010 – P. 607-611.

Bashin G.P., Shadrin V.V. Dynamic mechanical analysis of the properties of a nanocomposite with rubber matrix // Book of abstracts of XXXVIII Summer school "Advanced problems in mechanics" – St. Petersburg (Repino), July 1 – 5, 2011 – P. – 34.

Описанная методика регулярно используется для проведения научных исследований по региональным грантам, грантам РФФИ и Программе РАН совместно с сотрудниками Института механики сплошных сред УрО РАН. В настоящее время ведутся исследования свойств нанокompозитов с полиэтиленовой и резиновой матрицами. Изделия из этих материалов применяются как уплотнительные элементы в авиа и ракетостроении, в автомобильной промышленности, как основной компонент изделий шинной промышленности и в других областях техники.

С помощью прибора DMA ранее проводились и в перспективе могут проводиться: исследования механических свойств горных пород, необходимые для осуществления расчетов прочности целлюлозных шахт; исследования свойств создаваемых новых конструкционных материалов, исследования изменения свойств человеческих сосудов во времени, необходимые для оценки возможности их использования в Институте сердца с целью пересадки и др.

Указанная методика и прибор используются сотрудниками кафедры как в научных, так и в учебных целях: при выполнении лабораторных, курсовых, бакалаврских, и магистерских работ студентами факультета по самым различным темам, например при численных расчетах прочностных характеристик конструкций с помощью современного пакета программ ANSYS, в котором в качестве исходных данных всегда выступают механические свойства материала.

II.2. Направление научной деятельности «Новые полифункциональные материалы, ресурсосберегающие химические технологии, методы экологического мониторинга»

Синтез гетероциклических соединений, содержащих спироуглеродный атом.

Технология синтеза разрабатывалась в период 2010-2011гг. на кафедре органической химии, в Лаборатории органического синтеза. Авторы разработки Масливец А.Н., Кириллов Н.Ф., Шуров С.Н., Машевская И.В., Силайчев П.С., М.В.Дмитриев, Н.В.Бубнов.

Синтез создан на основе реакций моноциклических замещенных 2,3-дигидро-2,3-пирролдионов с бинуклеофилами, получены гетероциклические системы, содержащие спироуглеродный атом: 8-гидрокси-2-имино-1,3,6-триарил-9-ароил-1,3,6-триазаспинон-4,7-дионы, 1',5'-дизамещенные 2',7'-диоксо-1,6-дигидро-1'Н-спиро (инденохинолин-6,3-пиррол)-4'-карбоксилаты, 1-замещенные 3-ароил-4'-гидрокси-6,6-диметил-1',5',1,2,4,5,6,7-октагидроспиро [индол-3,2'-пиррол]-2,4,5'-трионы, 3-ароил-6',6'-диметил-4-ариламино-1',2',4',5',6',7'-гексагидро-5Н-спиро[фуран-2,3'-индол]-2',4',5'-трионы, 1',5'-дизамещенные-2',6'-диоксо-1',2',6,11-тетрагидроспиро {индено[1,2-b]хинолин-5,3'-пиррол}-4'-карбоксилаты.

Некоторые из синтезированных соединений проявили анальгетическую и противовоспалительную активность, что позволяет вести целенаправленный поиск соединений с высокой биологической активностью. Взаимодействием реактивов Реформатского, полученных из диметилового эфира бромметилмалоновой кислоты и цинка с хлорангидридами циклоалканкарбоновых кислот синтезированы метил спиро-2,4-иоксотетрагидропирранкарбоксилаты.

Правовая защита определяется патентами и публикациями:

М.В. Дмитриев, П.С. Силайчев, З.Г. Алиев, А.Н. Масливец // Журнал органической химии, 2011, Т.47. Вып.2. С. 309-310.

Н.В. Бубнов, Е.С. Денисламова, З.Г. Алиев, А.Н. Масливец // Журнал органической химии, 2010, Т.46. Вып.12. С.1876.

Н.В. Бубнов, Е.С. Денисламова, З.Г. Алиев, А.Н. Масливец // Журнал органической химии, 2011, Т.47. Вып.4. С.526-528.

М.В. Дмитриев, П.С. Силайчев, П.А. Слепухин, А.Н. Масливец // Журнал органической химии, 2011, Т.47. Вып.4. С.620-622.

Н.Ф. Кириллов, В.С. Мелехин, С.Н. Шуров, А.В. Плотников, М.И. Вахрин, О.А. Майорова // Журнал органической химии, 2010, Т.46. Вып.3. С.375-378.

В рамках данных исследований в 2010-2011гг. получено 5 патентов РФ и опубликовано 30 статей в журналах их списка ВАК.

В настоящее время разработаны лабораторные методики получения указанных соединений.

Инфраструктура для дальнейшей реализации проекта находится в стадии формирования: закуплен Фурье ИК-спектрометр Spectrum Two фирмы Perkin Elmer.

Исследования, проводимые на кафедре органической химии, находятся на уровне, сопоставимом с уровнем лучших синтетических работ, проводимых в Российской Федерации.

Исследования могут заинтересовать организации, занимающиеся поиском и разработкой новых лекарственных препаратов.

Новые методы исследований и физико-химические основы энергосберегающих, безотходных технологий синтеза важнейших неорганических продуктов.

Более полувека на кафедре неорганической химии Пермского государственного университета исследуются многокомпонентные водно-солевые системы. Эта работа принесла не только значительное количество справочной информации, но и

ряд практически полезных и теоретически важных результатов.

Анализ экспериментальных данных изотерм растворимости исследованных и приводимых в справочниках проведенный посредством статистического метода главных компонент показал, что составы моновариантных и невариантных растворов четверных- и более компонентных водно-солевых системах, выраженные в % мас., располагаются вблизи одной плоскости. Плоскостность этих составов наблюдается в простых и взаимных системах, не нарушается в системах с расслаиванием жидких фаз, составленных неорганическими и органическими компонентами – является коллигативным свойством многократно насыщенных растворов. Теоретическое объяснение этой *впервые выявленной* закономерности, на наш взгляд, заключается в вырождении химической составляющей взаимодействия компонентов в многократно насыщенных растворах и превалирова-

нии физического взаимодействия в них (авторы Мазунин С.А., Чечулин В.Л., [1]).

Обнаруженная закономерность при решении исследовательских задач позволяет прогнозировать предполагаемый состав невариантного эвтонического раствора и экспериментально определять составы всех невариантных фаз, не нарушая равновесия, используя оптимальные варианты изучения водно-солевых систем.

Универсальный метод прогнозирования состава невариантного раствора (авторы Мазунин С.А., Кистанова Н.С., Фролова С. И., [2, 3]) состоит в следующем. Прогнозирование состава невариантного раствора четверной и большей компонентности системы (E) осуществляется по содержанию воды в невариантных растворах оконтуривающих тройных (четверных и более) систем последовательным вычислением составов промежуточных составов ($T_1, T_2, T_3 (E)$) по уравнению прямой обратно пропорционально ее количеству в этих растворах (рис. 1).

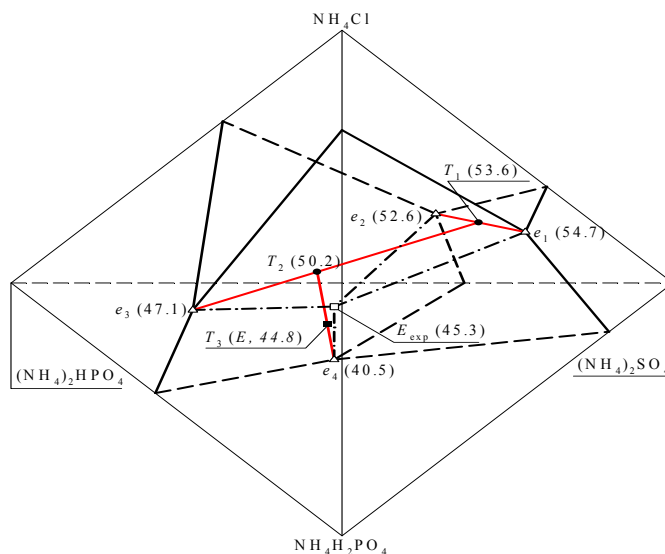


Рис 1. Прогнозирование состава невариантного раствора в пятерной системе $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C

Эффективность применения данной методики проверена более чем на 50-ти простых и взаимных четверных и пятерных системах различного типа. Последовательное пересечение прямых позволяет вычислять предполагаемый состав невариантного раствора в плоскости эвтонических растворов оконтуривающих систем. Вычисленный предполагаемый состав

невариантного раствора используют для определения оптимальных вариантов изучения водно-солевых систем. Два наиболее эффективных способа, на наш взгляд, – оптимизированный метод сечений и комбинированный – приводятся ниже (авторы Мазунин С.А., Фролова С.И., Кистанова Н.С., [2, 4-7]).

Оптимизированный метод сечений

Необходимо пояснить, что координаты многокомпонентных смесей, выражение через исходные компоненты, называются аналитическими, а через составы равновесных фаз – истинными. Использование концепции истинной системы координат для барицентрических диаграмм растворимости оказалось очень плодотворным. В этом случае предельные ноды исходят из вершин концентрационной фигуры, все точки на нодах имеют равные отношения отсутствующих в вершине компонентов друг к другу, на плоскостях невариантной области также наблюдается равенство отношений.

Метод сечений Р.В. Мерцлина позволяет просто и очень надежно определять составы исходных смесей компонентов (ИСК), находящиеся на границах невариантных областей – находить "реперные точки" при помощи сечений оптимальных направлений. Вычисление отношения со-

держаний в составе реперной точки отсутствующего в донной фазе солевого компонента к воде – "необходимого коэффициента" – позволяет установить равенство этих коэффициентов для всех реперных точек на данной границе невариантной области с точностью до нескольких тысячных долей единицы – обычная экспериментальная погрешность, сложившаяся на достигнутом уровне измерения массы, поддержания температуры и измерения показателя преломления жидкой фазы.

Равенство необходимых коэффициентов у нескольких реперных точек совершенно определенно указывает, что невариантный раствор насыщен теми солевыми компонентами, через которые выражены составы реперных точек, т.е. использована истинная система координат.

Состав невариантного раствора легко вычисляется по средним значениям необходимых коэффициентов:

$$\begin{cases} \{H_2O\} = 100 / (c_{1cp} + \dots + c_{ncp} + 1) \\ \{S_1\} = c_{1cp} \cdot \{H_2O\} \\ \dots \\ \{S_n\} = c_{ncp} \cdot \{H_2O\} \end{cases},$$

где: $c_{1cp} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\{S_1\}_i}{\{H_2O\}_i} \right) / m \dots c_{ncp} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\{S_n\}_i}{\{H_2O\}_i} \right) / m ;$

m – число реперных точек на одной грани, включая невариантный раствор; $\{S_1\}_i \dots \{S_n\}_i$ и $\{H_2O\}_i$ – содержание (% мас.) солей $S_1 \dots S_n$ и воды в составах невариантного раствора и реперных точках; $\{S_1\} \dots \{S_n\}$ и $\{H_2O\}$ – содержание (% мас.) солей и воды в усредненном невариантном растворе.

При изучении изотерм растворимости многокомпонентных водно-солевых систем оптимизированным методом сечений следует придерживаться следующего порядка выполнения работы:

1. Определяют составы невариантных и моновариантных равновесных фаз изотерм растворимости оконтуривающих систем.

2. Определяют составы невариантных равновесных фаз изотермы растворимости многокомпонентной системы:

2.1. Вычисляют предполагаемый состав невариантного раствора многокомпонентной системы, планируют оптимальные направления сечений для нахождения со-

ставов двух-трех реперных точек на всех гранях невариантной области.

2.2. Исследуют выбранные сечения и вычисляют координаты двух- трех реперных точек на всех гранях невариантной области.

2.3. Для всех реперных точек вычисляют и сопоставляют необходимые коэффициенты, в случае их приблизительного равенства по средним значениям вычисляют состав невариантного раствора и подтверждают составы равновесных твердых фаз.

3. Изучают линии моновариантного равновесия при помощи разрезов типа «все соли-1 + p-р последней соли».

4. Исследуют поверхности дивариантных равновесий.

Рассмотрим применение данного плана на примере изучения простой четверной

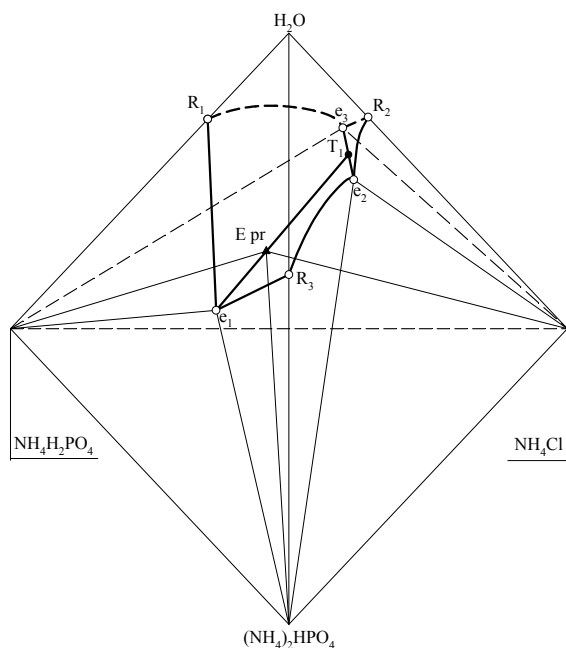


Рис. 2. Прогнозирование состава невариантного раствора

2. Определение состава тройного эвтонического раствора начинают с его прогнозирования по процедуре описанной выше и отображенной на рис. 2.

2.1. Вычисленный предполагаемый состав невариантного раствора четверной системы перспективно проецируют из вершин солевых компонентов на противолежащие грани (тт. $E'_1 E'_2 E'_3$). Определяют т. E'_2 , расположенную в гомогенной области оконтуривающей системы, находят состав раствора G, прибавление к которому кристаллов хлорида аммония позволяет наиболее просто и точно определить положение реперной точки g. Планируют оптимальные направления изогидрических сечений (p-p + две соли) для нахождения составов двух-трех реперных точек ($a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, c_1, c_2$) на двух других гранях невариантной области (рис. 4, 5).

2.2. Составы реперных точек устанавливают по изломам функциональных зависимостей показателей преломления жидкой фазы от количества добавленной соли (рис. 6, 7), сводят в табл. 1. Характерной особенностью функциональных зависимостей используемых сечений типа «p-

системы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C .

1. Изученные изотермы растворимости тройных оконтуривающих систем изображены на рис. 2 и 3.

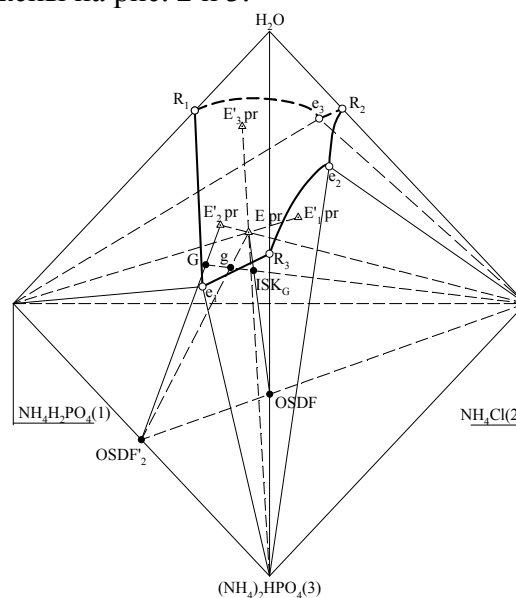


Рис.3. Планирование сечения p-p G – NH4Cl

p+соль» и «p-p+2 соли» является наличие горизонтального участка, что позволяет определять координаты точек изломов наиболее точно.

2.3. Вычисляют необходимые коэффициенты и анализируют их отличия. Если величины необходимых коэффициентов разнятся в пределах нескольких тысячных долей единицы, их считают равными, вычисляют средние значения, а по ним – состав тройконасыщенного раствора.

В приведенном примере количество воды {W} в невариантном растворе E_{cp} будет (% мас.): $\{W\} = 100 / (c_{cp1} + c_{cp2} + c_{cp3} + 1) = 46.96$, а содержания солевых компонентов вычисляют по формулам (% мас.): $\{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\} = c_{1cp}\{W\} = 17.24$; $\{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4\} = c_{2cp}\{W\} = 24.04$; $\{\text{NH}_4\text{Cl}\} = c_{3cp}\{W\} = 11.77$.

3. Исследование линий моновариантных равновесий проводят при помощи разрезов типа "все соли-1 + p-p отсутствующей соли". Изучать полностью подобные разрезы нет никакой необходимости, в них нужно лишь определить условно невариантный состав жидкой фазы (рис. 8, 9).

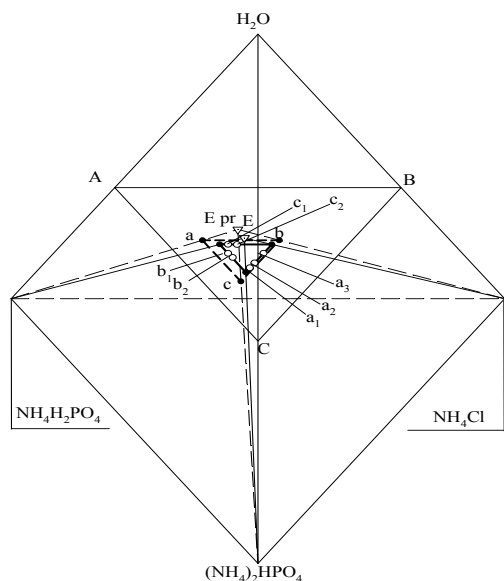


Рис. 4. Изогидрический разрез ABC (42 % мас. H₂O) системы NH₄H₂PO₄ – (NH₄)₂HPO₄ – NH₄Cl – H₂O при 25°C

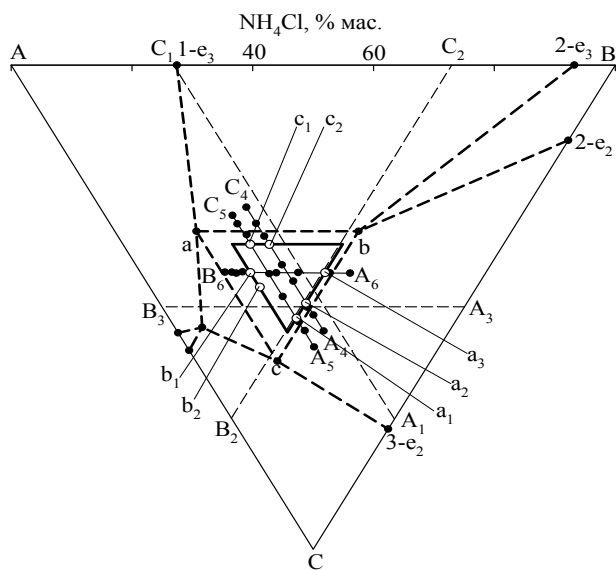


Рис. 5. Планирование сечений в изогидрическом разрезе для определения координат реперных точек на границах невариантной области системы

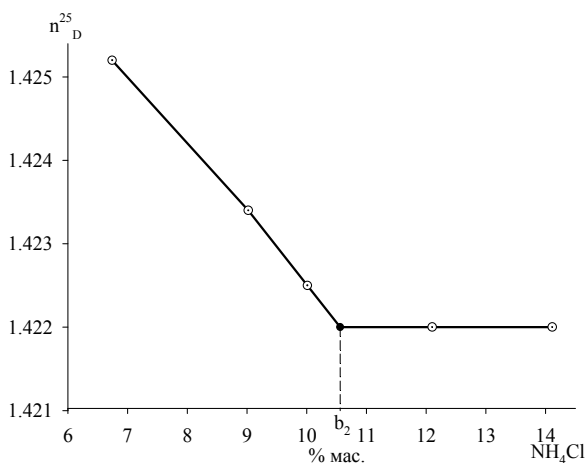


Рис. 6. Зависимость n_D^{25} от состава ИСК в сечении G – NH₄Cl

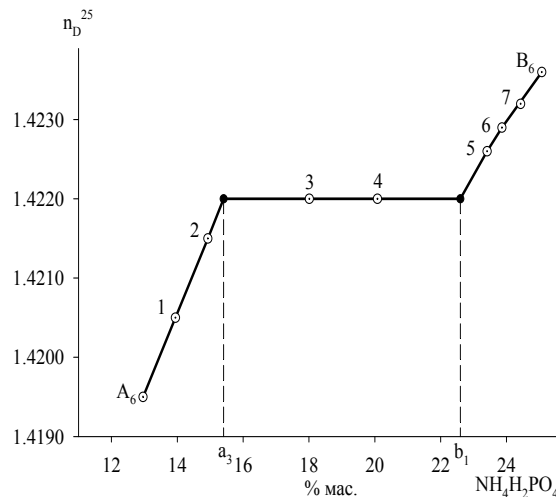


Рис. 7. Зависимость n_D^{25} от состава ИСК в сечении B₆–A₆

Таблица 1

Использование экспериментальных данных по сечениям для определения состава тройного эвтонического раствора

Реперная точка	Состав, % мас.				Необходимые коэффициенты		
	NH ₄ H ₂ PO ₄	(NH ₄) ₂ HPO ₄	NH ₄ Cl	H ₂ O	$\frac{\{NH_4H_2PO_4\}}{\{H_2O\}}$	$\frac{\{(NH_4)_2HPO_4\}}{\{H_2O\}}$	$\frac{\{NH_4Cl\}}{\{H_2O\}}$
b ₁	22.60	24.87	10.53	42.00			c = 0.2507
b ₂	20.76	26.54	10.56	42.14			c = 0.2506
a ₁	15.44	30.33	12.23	46.97	c = 0.3676		
a ₂	15.41	24.87	17.72	42.00	c = 0.3669		
a ₃	15.42	28.53	14.05	42.00	c = 0.3671		
c ₁	22.45	21.50	14.05	42.00		c = 0.5119	
c ₂	24.29	21.48	12.23	42.00		c = 0.5114	
E _{сп}	17.24	24.04	11.77	46.96	c _{1сп} =0.3672	c _{2сп} =0.5117	C _{3сп} =0.2506

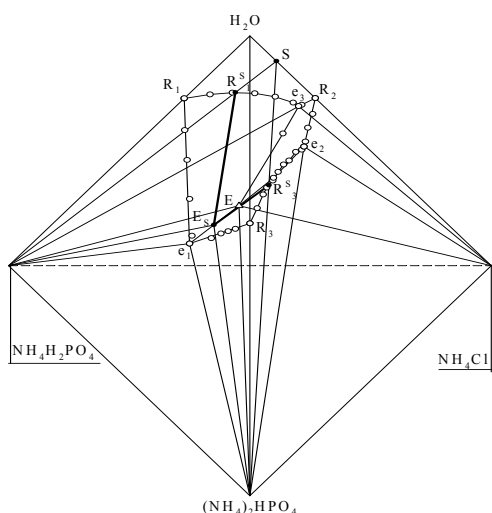


Рис. 8. Разрез $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{S}$ (раствор NH_4Cl) системы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C

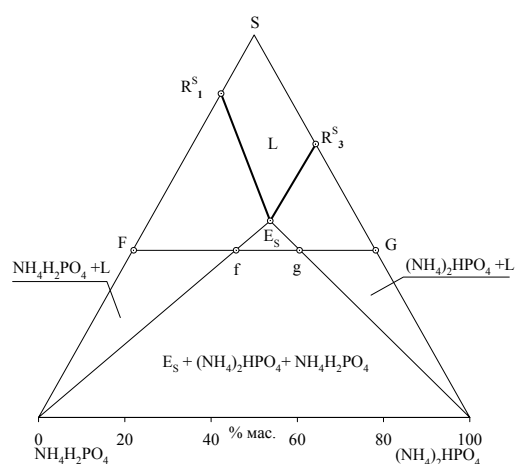


Рис. 9. Структура фазовых областей в разрезе $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{S}$ (11 %-ный p-p BX)

Если в системе образуются химические соединения, кристаллогидраты или ограниченные твердые растворы составы реперных точек пересчитывают в истинную систему координат, вычисляют необходимые коэффициенты, убеждаются в их приблизительном равенстве, находят средние значения и по приведенной выше системе уравнений находят состав инвариантного раствора и пересчитывают его в аналитическую систему координат, как это принято в справочниках по растворимости (табл. 2, [8]).

Комбинированный метод

План изучения водно-солевой системы комбинированным методом отличается от приведенного выше незначительно:

1. Изученные изотермы растворимости тройных оконтуривающих систем изображены на рис. 2 и 3.

2. Определение состава тройного эвтонического раствора начинают с его прогнозирования по процедуре описанной выше и отображенной на рис. 2.

2.1. Вычисленный предполагаемый состав инвариантного раствора четверной системы перспективно проецируют из вершин солевых компонентов на противолежащие грани (тт. $E'_1 E'_2 E'_3$). Определяют т. E'_2 , расположенную в гомогенной об-

ласти оконтуривающей системы, находят состав раствора G, прибавление к которому кристаллов хлорида аммония позволяет наиболее просто и точно определить положение реперной точки g. Планируют оптимальные направления изогидрических сечений (p-p + две соли) для нахождения составов двух-трех реперных точек ($a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, c_1, c_2$) на двух других гранях инвариантной области (рис. 4, 5).

2.2. Составы реперных точек устанавливают по изломам функциональных зависимостей показателей преломления жидкой фазы от количества добавленной соли (рис. 6, 7), сводят в табл. 1. Характерной особенностью функциональных зависимостей используемых сечений типа «p-p+соль» и «p-p+2 соли» является наличие горизонтального участка, что позволяет определять координаты точек изломов наиболее точно.

2.3. Вычисляют необходимые коэффициенты и анализируют их отличия. Если величины необходимых коэффициентов разнятся в пределах нескольких тысячных долей единицы, их считают равными, вычисляют средние значения, а по ним – состав трияконасыщенного раствора.

Использование экспериментальных данных на границах невариантных областей для определения составов невариантных равновесных фаз в системе NaCl – Na₂CO₃·2Na₂SO₄(Бр) – Na₂CO₃·H₂O – H₂O при 50°С

Точка	Состав, % мас.				Примечание: точки на плоскости; донная фаза*	$\frac{\{NaCl\}}{\{H_2O\}}$	$\frac{\{Бр\}}{\{H_2O\}}$	$\frac{\{Na_2CO_3 \cdot H_2O\}}{\{H_2O\}}$
	NaCl	Бр	Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O	H ₂ O				
a ₁	23.35	1.58	18.80	56.27	NaCl-Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O-E ₁		0.0281	
a ₂	24.60	1.58	17.34	56.48	- " -		0.0280	
a ₃	25.85	1.58	15.88	56.70	- " -		0.0279	
							c _{2 ср} =0.0280	
a ₄	25.22	4.23	13.51	57.04	NaCl- Бр-E ₁			0.2369
a ₅	21.08	8.45	13.42	57.05	- " -			0.2353
a ₆	20.44	9.01	13.51	57.04	- " -			0.2369
								c _{3 ср} =0.2364
a ₇	15.56	12.28	15.40	56.76	Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O-Бр-E ₁	0.2741		
a ₈	15.33	8.45	20.15	56.08	- " -	0.2734		
a ₉	15.17	4.23	25.27	55.33	- " -	0.2742		
						c _{1 ср} =0.2739		
E ₁	17.81	1.82	15.37	65.01	NaCl+Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O+Бр*			
E _{1,лит}	17.80	1.79	15.34	65.07	NaCl+Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O+Бр*	0.2736	0.0275	0.2357
Точка	NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	H ₂ O	Примечание: точки на плоскости; донная фаза*			
E _{1,лит}	17.80	1.30	13.60	67.30	NaCl+Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O+Бр*			
E	17.81	1.32	13.63	67.24	NaCl+Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O+Бр*			

3. Изучают линии моновариантного равновесия любым предлагаемым методом (применение прогностического метода см. [9, 10]).

4. Исследуют поверхности дивариантных равновесий любым предлагаемым методом (применение прогностического метода см. [9, 10]).

Достоинствами предлагаемых методов являются точность, экспрессность, скромная материальная база, универсальность, к недостаткам можно отнести тот факт, что предложенные методики определения составов равновесных фаз, находящихся в невариантном равновесии, без из изоляции и разделения работают, когда растворимость исходных солевых компонентов превышает 1-2 % мас.

Энергосберегающие, малоотходные технологии синтеза неорганических солей.

На кафедре неорганической химии Пермского госуниверситета на основании исследования значительного количества диаграмм растворимости многокомпонентных водно-солевых систем найдены и разрабатываются физико-химические основы энергосберегающих, малоотходных технологий синтеза неорганических солей с использованием алифатических аминов (наиболее подходящим является диэтиламин) [11-30]. Экспериментально доказана возможность проведение следующих гетерогенных реакций:

- 1) $KCl_{(p-p)} + CO_2 + (C_2H_5)_2NH_{(p-p)} \rightarrow KHCO_{3(t)} \downarrow + (C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 2) $KCl_{(p-p)} + (C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_3PO_{4(p-p)} \rightarrow KH_2PO_{4(t)} \downarrow + (C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 3) $2KCl_{(p-p)} + 2(C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_2SO_{4(p-p)} \rightarrow K_2SO_{4(t)} \downarrow + 2(C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 4) $2NH_4Cl_{(p-p)} + 2(C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_2SO_{4(p-p)} \rightarrow (NH_4)_2SO_{4(t)} \downarrow + 2(C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 5) $NH_4Cl_{(p-p)} + (C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_3PO_{4(p-p)} \rightarrow NH_4H_2PO_{4(t)} \downarrow + (C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 6) $2NH_4Cl_{(p-p)} + 2(C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_3PO_{4(p-p)} \rightarrow (NH_4)_2HPO_{4(t)} \downarrow + 2(C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 7) $3NH_4Cl_{(p-p)} + 3(C_2H_5)_2NH_{(p-p)} + H_3PO_{4(p-p)} \rightarrow (NH_4)_3PO_{4(t)} \downarrow + 3(C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$;
- 8) $NaCl_{(p-p)} + CO_2 + (C_2H_5)_2NH_{(p-p)} \rightarrow NaHCO_{3(t)} \downarrow + (C_2H_5)_2NH_2Cl_{(p-p)}$.

Все получаемые соли крайне мало растворимы в концентрированных растворах хлорида диэтиламмония и могут быть выделены с высоким (90-97 % от теоретического) выходом в кристаллическом виде. Растворы хлорида диэтиламмония подвергаются процессам регенерации диэтиламина. При этом могут быть получены: безводный гранулированный хлорид кальция (при использовании $\text{Ca}(\text{OH})_2$) или газообразный хлор (при использовании растворов гидроксидов натрия или калия). Потери диэтиламина из-за растворения в маточных растворах хлоридов кальция, натрия и калия малы. Все эти факты позволяют разработать рентабельные, малоотходные и энергосберегающие технологии. Однотипность реакций позволяет использовать одно и то же оборудование для получения различных солей.

Кроме того, аналогичными реакциями могут получаться удобриельные смеси: аммофос, диаммофос, смесь сульфата аммония и гидрофосфата аммония, сульфата аммония и дигидрофосфата аммония, дигидрофосфата и метафосфата калия. Удобриельные смеси в процессе синтеза могут получаться сразу в гранулированном виде. Возможно проведение поисковых работ по расширению ассортимента синтезируемых солей.

Физико-химической основой указанных выше процессов являются фазовые равновесия в четверных-, пятерных взаимных водно-солевых системах, в которых исследование, анализ и определение оптимальных концентрационных условий выделения интересующих фаз является кругом профессиональных интересов кафедры. Возможным объектом сотрудничества может быть обучение персонала предприятий овладению тонкостями, нюансами физико-химического анализа.

1. Принципиальная схема получения гидрокарбоната и нитрата калия из хлорида калия.

Растворимость в четверной взаимной системе K^+ , $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+$ // Cl^- , HCO_3^- – H_2O , являющейся физико-химической основой процесса синтеза гидрокарбоната

калия из хлорида калия, углекислого газа и диэтиламина, частично изучена при 25°C (определены составы невариантных точек, исследованы составы жидких фаз на линиях моновариантного равновесия). Поскольку процесс синтеза экзотермичен, необходимо исследовать систему при повышенных температурах. Кроме того, требуют подтверждения составы равновесных твердых фаз, насыщающих невариантные точки изотерм растворимости.

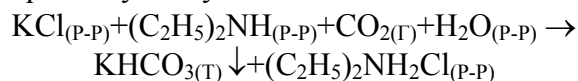
Принципиальная схема, приведенная ниже, частично проверена лабораторными экспериментами, показавшими возможность получения гидрокарбоната калия сразу после промывки качеством близким к реактивному марки «Ч».

Принципиальная схема получения гидрокарбоната и нитрата калия из хлорида калия, диоксида углерода и диэтиламина приведена на рис. 1.

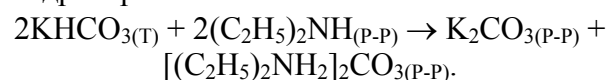
Процесс получения и очистки рассола хлорида калия (1) может быть таким, как в аммиачном способе производства кальцинированной соды.

Очищенный рассол, полученный на стадии (1), поступает в аппараты промывки газов для улавливания следов диэтиламина во всех газовых потоках. Кроме того, газы карбонизации могут очищаться и от диоксида углерода (на схеме не приведено) растворами этаноламинов (существующая технология) или раствором диэтиламина (перспективная технология, требующая дополнительной проработки).

На стадии (2) очищенный рассол со следами диэтиламина смешивается с хлоридом калия со стадии 8, диэтиламином и карбонизируется углекислым газом:



Если синтез проводится в колонных аппаратах, то сначала очищенный рассол из аппаратов промывки газов поступает в колонну предварительной карбонизации (КЛПК) где к нему добавляется 5-10 % моль. диэтиламина по отношению к хлориду калия для растворения инкрустаций гидрокарбоната калия:



Для интенсификации процесса перемешивания в КЛПК подается газ, выходящий из карбонизационных колонн (ККЛ).

Предкарбонизованная жидкость укрепляется кристаллическим хлоридом калия, образующимся на стадии (8), и направляется для питания карбонизационных колонн.

Процесс карбонизации осуществляется в колонных аппаратах, идентичных применяемым в аммиачном способе производства соды, но дооборудованных для рас-

средоточенного ввода диэтиламина в абсорбционную зону колонн. Рассредоточение диэтиламина необходимо с одной стороны для предотвращения или сведения к минимуму выделения в твердую фазу кристаллов хлорида калия под действием диэтиламина, с другой стороны - для получения качественных кристаллов гидрокарбоната калия. Диоксид углерода подается в среднюю и нижнюю часть карбонизационных колонн.

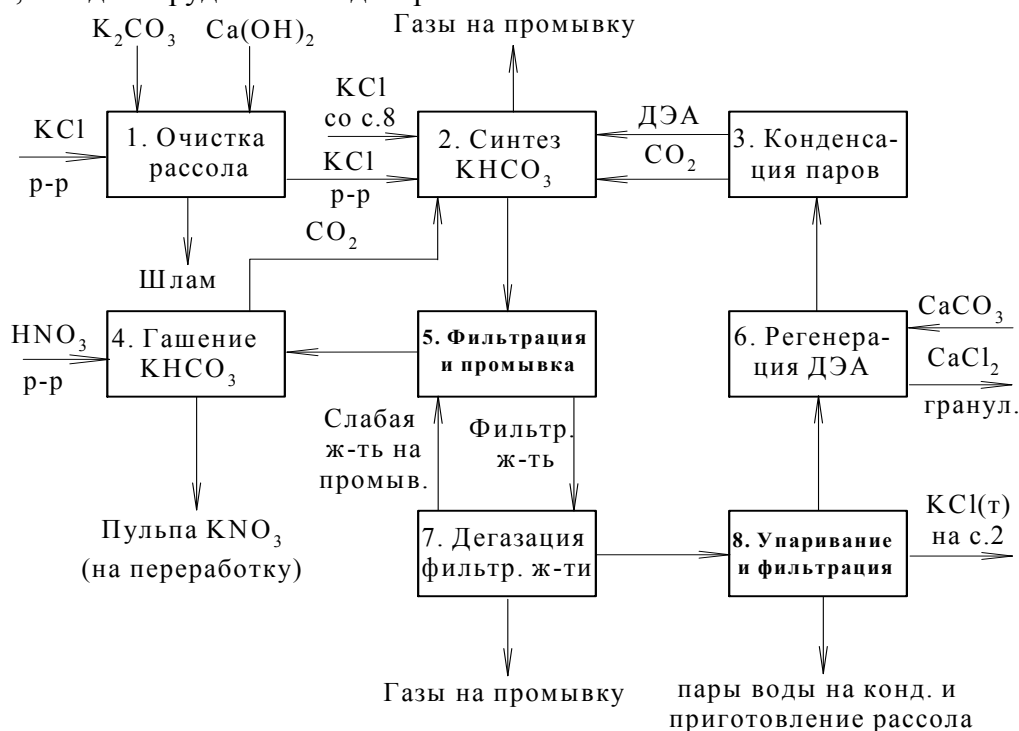
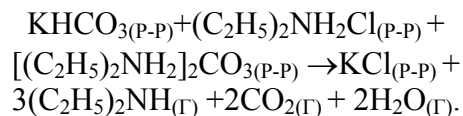


Рис. 1. Принципиальная схема получения гидрокарбоната и нитрата калия из хлорида калия, диоксида углерода и диэтиламина

Образовавшаяся суспензия гидрокарбоната калия в маточном растворе хлорида диэтиламмония отводится на стадию (5), где осадок гидрокарбоната калия отфильтровывается, промывается водой и направляется на стадию (4) для синтеза нитрата калия: $\text{KHCO}_3(\text{T}) + \text{HNO}_3(\text{P-P}) \rightarrow \text{KNO}_3(\text{T+P-P}) + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$. Образующийся диоксид углерода направляется на стадию (2) карбонизации. Промывной раствор (фильтровая жидкость) направляется на стадию (7).

На стадии (7) осуществляется дегазация фильтровой жидкости. Этот процесс протекает при нагревании фильтровой жидкости до 85-95°C. Процесс дегазации описывается следующим суммарным уравнением:



Таким образом, в жидкой фазе появляется хлорид калия, а газообразная фаза содержит диоксид углерода, воду и диэтиламин.

Дегазированная жидкость направляется на стадию (8), а газовая фаза - на охлаждение и конденсацию паров воды и диэтиламина, в результате чего образуется раствор гидрокарбоната диэтиламмония - слабая жидкость, используемая для промывания крупнокристаллического осадка гидрокарбоната калия на центрифугах или вакуум-фильтрах. Оставшийся диоксид углерода направляется в аппараты промывки газов.

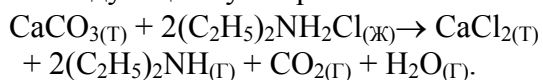
На стадии (8) проводится упаривание в две стадии дегазированной жидкости, кристаллизация непрореагировавшего хлорида калия и образовавшегося хлорида диэтиламмония.

На первой стадии жидкость предполагается упаривать в трехкорпусной выпарной установке. Суспензия, полученная в результате упаривания, разделяется на твердую (хлорид калия) и жидкую (насыщенный раствор хлорида диэтиламмония) фазы. Влажные кристаллы хлорида калия направляются на стадию (2), где они смешиваются с промывной или предкарбонизованной жидкостью.

Маточный раствор на второй стадии упаривается в однокорпусной выпарной установке. Полученные на этой стадии кристаллы хлорида диэтиламмония направляются на стадию (6), где производится регенерация диэтиламина.

На стадии (6) кристаллы хлорида диэтиламмония смешиваются (берется небольшой избыток карбоната кальция) с известняковой мукой, реакционная смесь направляется в барабанную вращающуюся печь с наружным обогревом продуктами сгорания органического топлива. Гранулированный хлорид кальция с выгрузного конца барабана попадает в барабанный холодильник и направляется далее на укупорку.

Процесс регенерации диэтиламина осуществляется при нагревании и описывается следующей суммарной схемой:



Образовавшаяся в результате реакции парогазовая фаза, содержащая диэтиламин, диоксид углерода и воду, проходит газоочистку в циклонах и направляется на стадию (3), где она охлаждается и из нее конденсируется диэтиламин и вода. Охлажденный диоксид углерода, содержащий 90 - 95 % CO_2 , направляется в коллектор газа кальцинации и далее на стадию (2).

Диэтиламин (96 - 98 % мас.), представляющий собой раствор карбоната диэтиламмония в диэтиламине, делится на два потока (если используется схема с карбонизационными колоннами), один из которых (5-10 %) направляется в колонну

предварительной карбонизации, а другой (90-95 %) - на питание карбонизационных колонн.

Таким образом, приведенная технологическая схема получения нитрата калия из концентрированного раствора хлорида калия, диэтиламина, диоксида углерода и азотной кислоты выгодно отличается прежде всего возможностью получения продукта реактивного качества, малым количеством отходов (исчезает надобность в «белом море»). Практически до 100% увеличивается коэффициент использования хлорида калия. Незначительное количество диэтиламина теряется с хлоридом кальция и с отходящими газами, целиком используются все фракции известняка. Полностью остаются лишь отходы очистки рассола, которые, впрочем, могут использоваться в сельском хозяйстве.

Кроме того, данная технологическая схема экономит значительное количество тепловой энергии в процессе получения диоксида углерода, при получении плавящего хлорида кальция.

К достоинствам предложенной схемы следует отнести возможность использования стандартного оборудования, применяемого в существующем производстве кальцинированной соды, что значительно облегчает переход на аминную технологию.

2. Принципиальная схема получения дигидрофосфата и метафосфата калия из хлорида калия.

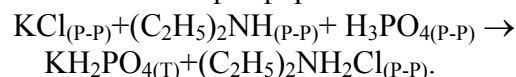
Растворимость в четверной взаимной системе K^+ , $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+$ // Cl^- , H_2PO_4^- - H_2O , являющейся физико-химической основой процесса синтеза дигидрофосфата калия из хлорида калия, фосфорной кислоты и диэтиламина, частично изучена при 25°C (определены составы невариантных точек, исследованы составы жидких фаз на линиях моновариантного равновесия). Поскольку процесс синтеза экзотермичен, постольку необходимо исследовать систему при повышенных температурах. Кроме того, требует подтверждения составы равновесных твердых фаз, насыщающих невариантные точки изотерм растворимости.

Принципиальная схема, приводимая ниже, частично проверена лабораторными экспериментами, показавшими возможность получения дигидрофосфата калия сразу после промывки качеством близким к реактивному марки «Ч».

Принципиальная схема получения дигидрофосфата и метафосфата калия из хлорида калия, фосфорной кислоты и диэтиламина приведена на рис. 2.

Очищенный рассол, полученный на стадии (1), поступает на стадию (2) где

смешивается с хлоридом калия со стадии 8, диэтиламином и фосфорной кислотой:



Образовавшаяся суспензия дигидрофосфата калия в маточном растворе хлорида диэтиламония отводится на стадию (5), где осадок дигидрофосфата калия отфильтровывается и промывается водой. Промывной раствор (фильтровая жидкость) направляется на стадию (7).

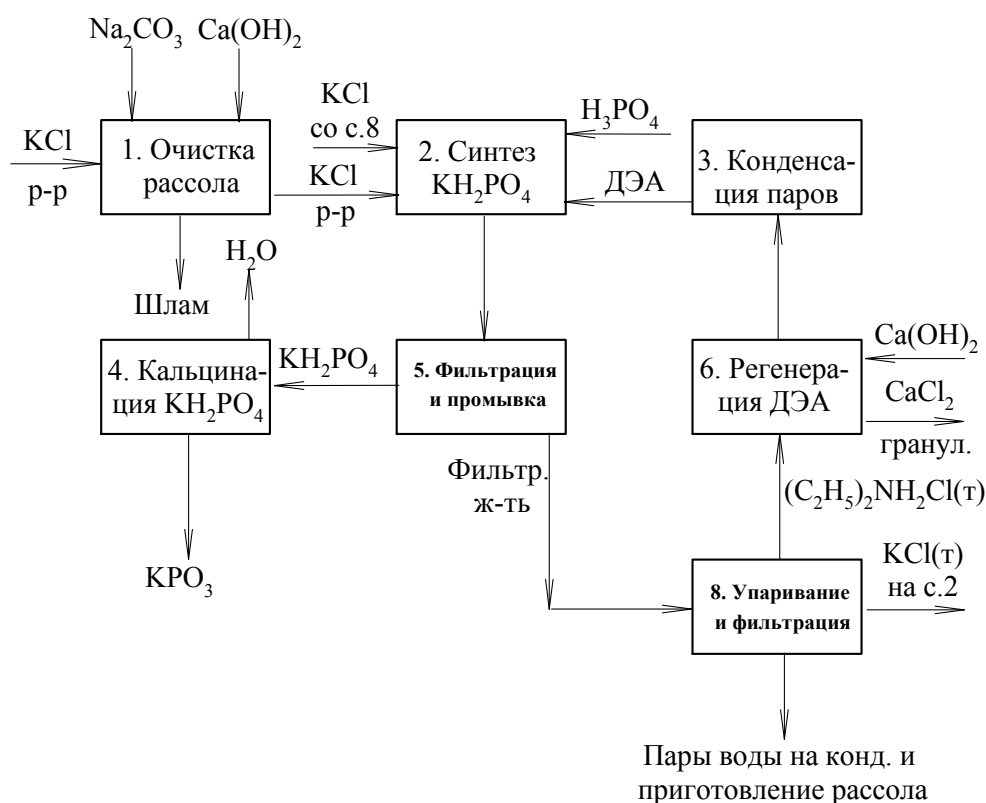


Рис. 2. Принципиальная схема получения дигидрофосфата и метафосфата калия из хлорида калия, фосфорной кислоты и диэтиламина

На стадии (7) проводится упаривание в две стадии дегазированной жидкости, кристаллизация непрореагировавшего хлорида калия и образовавшегося хлорида диэтиламония.

На первой стадии жидкость предполагается упаривать в трехкорпусной выпарной установке. Суспензия, полученная в результате упаривания, разделяется на твердую (хлорид калия) и жидкую (насыщенный раствор хлорида диэтиламония) фазы. Влажные кристаллы хлорида калия направляются на стадию (2), где они смешиваются с рассолом хлорида ка-

лия. Маточный раствор на второй стадии упаривается в однокорпусной выпарной установке. Полученные на этой стадии кристаллы хлорида диэтиламония направляются на стадию (6), где производится регенерация диэтиламина.

На стадии (6) кристаллы хлорида диэтиламония смешиваются (берется небольшой избыток гидроксида кальция) с гашеной известью, реакционная смесь направляется в барабанную вращающуюся печь с наружным обогревом продуктами сгорания органического топлива. Гранулированный хлорид кальция с выгрузного

конца барабана попадает в барабанный холодильник и направляется далее на укупорку.

Образовавшаяся в результате реакции парогазовая фаза, содержащая диэтиламин и воду, проходит газоочистку в циклонах и направляется на стадию (3), где она охлаждается и из нее конденсируется диэтиламин и вода, направляемые на стадию (2).

3. Принципиальная схема получения сульфата калия из хлорида калия.

Растворимость в четверной взаимной системе K^+ , $(C_2H_5)_2NH_2^+ // Cl^-, SO_4^{2-} - H_2O$,

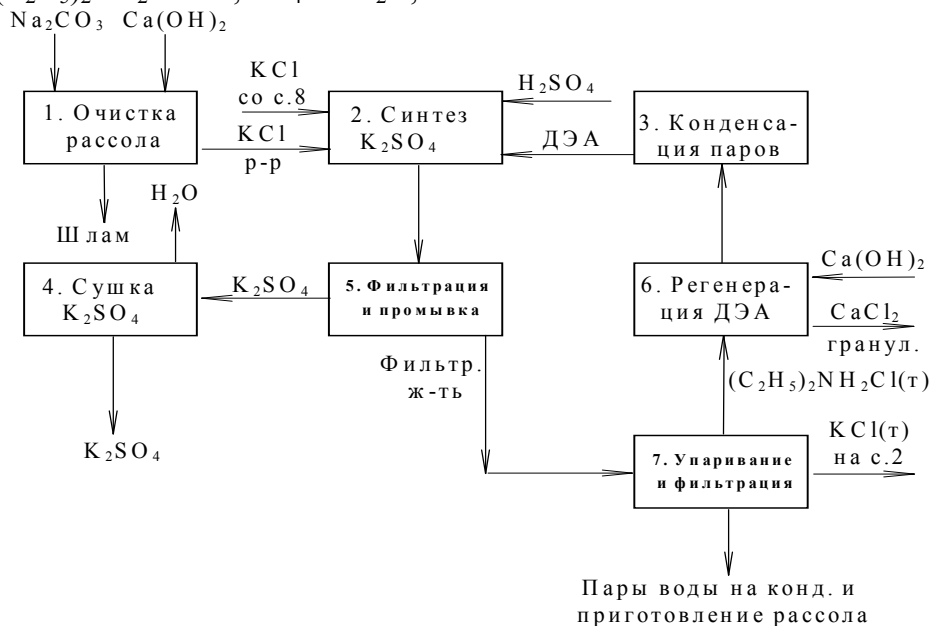
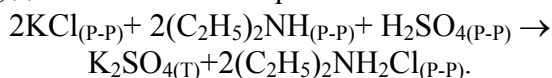


Рис. 3. Принципиальная схема получения сульфата калия из хлорида калия, серной кислоты и диэтиламина

Принципиальная схема (рис. 3) частично проверена лабораторными экспериментами, показавшими возможность получения сульфата калия сразу после промывки качеством близким к реактивному марки «Ч».

Очищенный рассол, полученный на стадии (1), поступает на стадию (2) где смешивается с хлоридом калия со стадии 8, диэтиламином и серной кислотой:



Образовавшаяся суспензия сульфата калия в маточном растворе хлорида диэтиламмония отводится на стадию (5), где осадок сульфата калия отфильтровывается и промывается водой. Промывной раствор

являющейся физико-химической основой процесса синтеза сульфата калия из хлорида калия, углекислого газа и диэтиламина, частично изучена при 25°C (определены составы невариантных точек, исследованы составы жидких фаз на линиях моновариантного равновесия). Поскольку процесс синтеза экзотермичен, постольку необходимо исследовать систему при повышенных температурах. Кроме того, требует подтверждения составы равновесных твердых фаз, насыщающих невариантные точки изотерм растворимости.

(фильтровая жидкость) направляется на стадию (7).

На стадии (7) проводится упаривание в две стадии дегазированной жидкости, кристаллизация непрореагировавшего хлорида калия и образовавшегося хлорида диэтиламмония.

На первой стадии жидкость предполагается упаривать в трехкорпусной выпарной установке. Суспензия, полученная в результате упаривания, разделяется на твердую (хлорид калия) и жидкую (насыщенный раствор хлорида диэтиламмония) фазы. Влажные кристаллы хлорида калия направляются на стадию (2), где они смешиваются с рассолом хлорида калия.

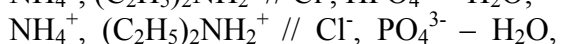
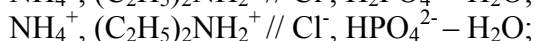
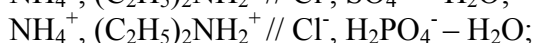
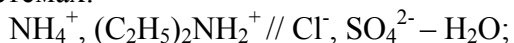
Маточный раствор на второй стадии упаривается в однокорпусной выпарной установке. Полученные на этой стадии кристаллы хлорида диэтиламмония направляются на стадию (6), где производится регенерация диэтиламина.

На стадии (6) кристаллы хлорида диэтиламмония смешиваются (берется небольшой избыток гидроксида кальция) с гашеной известью, реакционная смесь направляется в барабанную вращающуюся печь с наружным обогревом продуктами сгорания органического топлива. Гранулированный хлорид кальция с выгрузного конца барабана попадает в барабанный холодильник и направляется далее на укупорку.

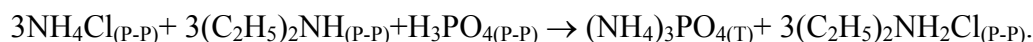
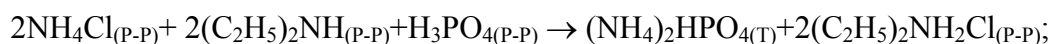
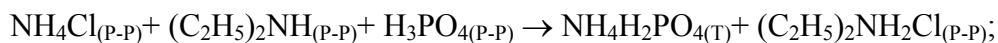
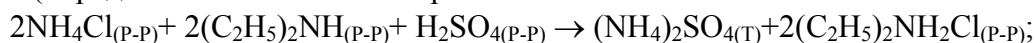
Образовавшаяся в результате реакции парогазовая фаза, содержащая диэтиламин и воду, проходит газоочистку в циклонах и направляется на стадию (3), где она охлаждается и из нее конденсируется диэтиламин и вода, направляемые на стадию (2).

4. Принципиальные схемы получения сульфата аммония и фосфатов аммония из хлорида аммония.

Растворимость в четверных взаимных системах:



являющихся физико-химической основой процессов синтеза сульфата, дигидрофосфата, гидрофосфата ортофосфата аммония из хлорида аммония, соответствующей кислоты и диэтиламина, частично изучена при 25°C (определены составы невари-



5. Регенерация диэтиламина.

Способ регенерации диэтиламина из маточных жидкостей производства неорганических солей аминным методом наибольшим образом определяет технологи-

антных точек, исследованы составы жидких фаз на линиях моновариантного равновесия). Поскольку процесс синтеза экзотермичен, постольку необходимо исследовать систему при повышенных температурах. Кроме того, требует подтверждения составы равновесных твердых фаз, насыщающих невариантные точки изотерм растворимости.

Растворимость в пятерной взаимной системе:

$\text{NH}_4^+, (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+ // \text{Cl}^-, \text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{H}_2\text{O}$, являющейся физико-химической основой процессов синтеза смеси дигидрофосфата и гидрофосфата аммония из хлорида аммония, фосфорной кислоты и диэтиламина, а также нового процесса гранулирования, частично изучена при 25°C (определены составы невариантных точек в одной из трех слагающих взаимную систему простых пятерных систем, исследованы составы жидких фаз на линиях моновариантного равновесия). Поскольку процесс синтеза экзотермичен и в системе отмечено расслаивание при повышенных температурах, постольку необходимо исследовать систему при одной-, двух повышенных температурах. Кроме того, требует подтверждения составы равновесных твердых фаз, насыщающих невариантные точки изотерм растворимости.

Технологические схемы получения сульфатов и фосфатов аммония или удобрительных смесей из хлорида аммония, соответствующей кислоты и диэтиламина абсолютно аналогичны описанным выше, в основе процессов синтеза лежат следующие реакции:

ческую схему, ее экономическую эффективность. При регенерации диэтиламина этом концентрация раствора хлорида кальция возрастает до 15-17 %, потери амина с дистиллерной жидкостью уменьшаются в 2-4 раза по сравнению с аммиаком в ана-

логичных условиях. При использовании пушонки или мела может быть получен безводный гранулированный хлорид кальция. Можно использовать катодиты электролизного производства гидроксидов калия или натрия, регенерировать диэтиламин и возвращать в эти производства рассолы хлоридов калия или натрия. В этом случае совместно с неорганическими солями будет производиться газообразный хлор. Полученные нами данными содержат потенциально патентоспособные сведения, они частично экспериментально проверены и опубликованы.

Приборы. Сопряжение: термический анализ (*STA_449_F1*) – квадрупольный масс-спектрометр (*QMS_403C*)

Для характеристики теплофизических свойств разнообразных веществ и мате-

риалов методы термического анализа являются довольно универсальными. Особенно широкое применение находит термогравиметрический (термовесовой) анализ, в котором потеря веса образца регистрируется непрерывно во время программируемого нагрева. Однако, более детальные высказывания о химии и аналитике продуктов разложения, ответственных за изменение веса образца являются часто удачей экспериментатора. Масс-спектрометрия призвана усилить данный термоаналитический метод и восполнить недостающую информацию.



Квадрупольный масс-спектрометр

Высокая чувствительность, избирательность, быстрота и бесперебойная работа квадрупольного масс-спектрометра в комбинации с термогравиметрией делают систему идеально подходящей для газового анализа. Дальнейшими ключевыми характеристиками масс-спектрометра, которые обеспечивают оптимальное сопряжение с термическим анализом, являются малые размеры квадрупольного масс-фильтра, эффективная и воспроизводимая ионизация газов в источнике ионов, а также высокое разрешение при регистрации атомов, молекул и фрагментов.

Физические изменения, регистрируемые термическим анализом, дополняются

данными газового анализа в масс-спектрометре, таким образом, сопряжение этих методов образует исследовательский комплекс физико-химического анализа. Концентрация регистрируемых частиц находится в области ppm, что значительно превосходит стандартную чувствительность методов термического анализа. Объединение термического анализа с масс-спектрометрией позволяет создать высокоточное оборудование для исследований и характеристики материалов. Приборный комплекс может использоваться для решения следующих задач.

Разложение

- дегидратация

- стабильность
- остаточный растворитель
- пиролиз

Реакции твердое тело – газ

- сгорание
- окисление
- коррозия
- адсорбция
- десорбция

Анализ композиционных материалов

- состав полимеров
- технический анализ
- выгорание связующих
- депарафинирование
- зольность

Испарение

- давление паров
- сублимация

Идентификация

- состава газовых смесей
- по форме спектра («отпечаток пальца»)
- парциального давления
- фрагментов
- реакций газ-твердое тело

Основные публикации:

1. Мазунин С.А., Чечулин В.Л. О плоскостности координат точек моно- и невариантных равновесий в 4-х и более компонентных водно-солевых системах // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново. 2010. с. 153-155

2. Мазунин С.А., Кистанова Н.С., Фролова С. И. Физико-химический анализ. Планирование химического эксперимента. Синтез неорганических соединений: практ. и лаборатор. работы: Пермский государственный университет. Пермь, 2010. 225 С.

3. Кистанова Н. С., Мазунин С.А., Фролова С.И., Блинов А.С. Определение составов тройного невариантного раствора и его насыщающих равновесных твердых фаз в системе $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$ при 25°C // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки – 2010. – Вып. 2. – С. 2079-2082.

4. Мазунин С.А., Фролова С.И., Кистанова Н.С. Способ определения составов равновесных твердых фаз в многокомпонентных водно-солевых системах. Патент России № 2 324 932. С1. Оpubл. 20.05.08, Бюл. №14.

5. Мазунин С.А., Фролова С.И., Кистанова Н.С. Способ изучения растворимости в многокомпонентных водно-солевых системах. Патент России № 2 324 933. С1. Оpubл. 20.05.08, Бюл. №14.

6. Мазунин С.А., Фролова С.И., Кистанова Н.С. Способ изучения растворимости в многокомпонентных водно-солевых системах. Патент России № 2 416 790. С1. Оpubл. 20.04.11, Бюл. №11.

7. Мазунин С.А., Фролова С.И., Кистанова Н.С. Способ определения составов невариантных равновесных фаз многокомпонентных водно-солевых систем. Патент России № 2 421 721. С1. Оpubл. 20.06.11, Бюл. №17.

8. Кистанова Н. С., Мазунин С. А., Фролова С. И. Комбинированный способ изучения растворимости и определения составов равновесных твердых фаз, насыщающих эвтонические растворы, в системе $\text{NaCl} - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ при 50°C // Журнал физической химии. – 2010. – Т.84. – №11. – С. 2197-2200.

9. Мазунин С.А., Посягин Г.С. Основы физико-химического анализа. Учеб. пособие по спецкурсу / Минобразования России. - Пермь, 1999. - 180 с.

10. Мазунин С.А. Основы физико-химического анализа. Учеб. пособие по спецкурсу / Минобразования России. - Пермь, 2000. - Ч.2. Многокомпонентные водно-солевые системы. - 212 с.

11. S. A. Mazunin, V. L. Chechulin. Applied Aspects of Use of Amines for the Production of Inorganic Salts in Systems with Salting-out // Russian Journal of Applied Chemistry. Berlin. 2010. p. 1690-1697.

12. Кистанова Н.С. Мазунин С.А. Фролова С.И. Чечулин В.Л. Технология получения дигидрофосфата калия в системе с высаливанием/ Химическая промышленность. Санкт-Петербург. 2010. с. 6-15.

13. Мазунин С.А. Чечулин В.Л. Прикладные аспекты использования аминов для производства неорганических солей в системах с высаливанием / Химическая промышленность. Санкт-Петербург 2010. с. 170-179

14. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Шульгина Н.П., Попов М.А. Изолинии ко-

эффицента использования натрия в четверной взаимной системе $(C_2H_5)_2NH \cdot H_2CO_3 + NaCl = (C_2H_5)_2NH \cdot HCl + NaHCO_3 - H_2O$ и влияние температуры на максимальный выход гидрокарбоната натрия. ЖПХ, т.65, N 3,1992, с.717.

15. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Зубарев М.П., Мазунина Е.Л. Изучение растворимости в системе $Na^+, NH_4^+ // HCO_3^-, Cl^- - H_2O$ при 15, 20, 25 и 30°C. Журнал неорганической химии, 1999, Т. 44, №6, с. 999-1007

16. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Зубарев М.П. Растворимость в системе $Na^+, (C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-, Cl^- - H_2O$ при 25°C. Журнал неорганической химии, 2000, Т. 45, №9, с. 1576-1585.

17. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Зубарев М.П. Растворимость в системе $Na^+, (C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-, Cl^- - H_2O$ при 10°C. Журнал неорганической химии. - 2001 - Т.46 - №4 - С. 669-679.

18. Волков А.А., Соснина О.Е., Мазунин С.А., Черепанов Л.Н. Способ получения нитрата триэтиламмония. Авт.свид. N 1086721 от 15.12.83

19. Способ получения бикарбоната щелочного металла. Авт. свид. N 1563161 от 08.01.90. Крашенинников С.А., Греф Т.С., Панасенко В.А. Мазунин С.А., Заразилов И.С., Самойленко В.И., Шульгина Н.П.

20. Панасенко В.А., Мазунин С.А. Шульгина Н.П., Самойленко В.И., Кичанов В.П., Заразилов И.С. Способ получения бикарбоната натрия. Авт.свид. N1830887 от 13 октября 1992 г.

21. Мазунин С.А. Шульгина Н.П., Панасенко В.А., Анфалов Ю.А., Кичанов В.П., Коноплев Е.В. Способ получения кальцинированной соды по аммиачному методу. Патент России N 2039008 от 9.07.95.

22. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Щуров Ю.А., Шульгина Н.П. Способ регенерации диэтиламина из фильтровой жидкости содового производства. Патент России

2101229, МКИ³ C01D 7/16 Заявлено 21.06.96; Оpubл. 10.01.98.

23. Способ получения бикарбоната натрия. Патент России 2121971, МКИ³ C01D 7/16 Заявлено 7.02.97; Оpubл. 20.11.98. Мазунин С.А., Панасенко В.А., Мазунина Е.Л.

24. Мазунин С.А., Шульгина Н.П., Панасенко В.А., Анфалов Ю.А., Кичанов В.П., Коноплев Е.В. Спосіб одержання кальцинованної соди по амміачному методу. Патент України 26574, МКИ³ C01D 7/16, C01B 31/24. Заявл. 11.05.94; Оpubл. 11.10.99.

25. Панасенко В.А., Мазунин С.А. Растворимость в системе $NaCl - (C_2H_5)_2NH - H_2O$ при 50 °C // Журн. Прикл. химии. – 2004. Т.77. №11.-С.1912-1913.

26. Мазунин С.А., Крепышева И.В., Веденеева Л.Н. Растворимость в четверной системе $NH_4H_2PO_4 - NH_4Cl - (C_2H_5)_2NH_2Cl - H_2O$ при 25°C / Составляющие научно-технического прогресса: сборник материалов международной научно-практической конференции.- Тамбов: Першина, 2005.- 331с. С.277-283.

27. Мазунин С.А., Крепышева И.В. Растворимость в системе $KH_2PO_4 - NH_4H_2PO_4 - MgNH_4PO_4 - H_2O$ при 20°C: Химия, технология и промышленная экология неорганических соединений. Сб. науч. тр. Вып 7. 2006. С. 132-144.

28. Мазунин С.А. Физико-химические основы процесса получения фосфатов аммония из хлорида аммония содового производства. Дис. ... канд хим. наук. Пермь, 1990.

29. Мазунин С.А. Растворимость в системе $Na^+, NH_4^+, (C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-, Cl^- - H_2O$. Дис. ... док. хим. наук. Пермь, 2000.

30. Зубарев М.П. Фазовые равновесия в системе $K^+, Na^+, (C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-, Cl^- - H_2O$. Дис. ... канд. хим. наук. Пермь, 2000.

П.3. Направление научной деятельности
«Конвективная и гидродинамическая неустойчивость.
Гидродинамика многофазных сред. Вибрационная гидродинамика»

Применение вибраций для получения полупроводниковых кристаллов высокого качества из бинарных расплавов.

Метод создан на кафедре теоретической физики Пермского государственного университета. Авторы метода Любимов Д.В., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н.

С развитием электронных технологий значительно возросла необходимость в создании полупроводниковых кристаллических подложек высокого качества. Одной из главных трудностей на пути получения совершенных материалов для создания полупроводниковых подложек является неоднородность микроструктуры выращиваемых кристаллов из-за наличия гравитационно-конвективных течений в расплаве, поэтому актуальной является разработка способов управления тепломассопереносом в процессах кристаллизации. Авторами предложен новый метод с использованием вращательных вибраций вокруг оси ампулы для управления течением и сегрегацией примеси при выращивании кристаллов вертикальным методом Бриджмена, изучено воздействие различных вибраций при использовании метода зонной плавки. Первые эксперименты и численное моделирование показали, что этот метод использования вибраций прост и эффективен. Применение этого метода приводит к уменьшению сегрегации примеси на фронте кристаллизации, но не влияет на глобальное перемешивание смеси, так что оно не влияет отрицательно на осевую сегрегацию в тех случаях, когда расстояние роста достаточно велико. Вследствие лучшей однородности распределения примеси морфологическая устойчивость повышается, микроструктура выращиваемого кристалла улучшается.

В рамках проведенных исследований по влиянию вращательных вибраций на процесс кристаллизации вертикальным методом Бриджмена получены численные

данные о влиянии вибраций на течения и тепломассообмен при кристаллизации бинарных сплавов. Обнаружено, что вращательные вибрации вокруг оси ампулы оказывают сильное стабилизирующее действие на морфологическую неустойчивость фронта кристаллизации и предотвращают образование приосевой впадины, что приводит к значительному уменьшению сегрегации примеси на фронте.

Вращательные вибрации являются эффективным средством управления процессом направленной кристаллизации и могут быть использованы для модернизации технологий получения полупроводниковых кристаллов.

Авторами проведены исследования по использованию высокочастотных аксиальных вибраций для управления течениями в расплаве в процессе выращивания кристаллов методом плавающей зоны. В рамках исследования свойств осесимметричных стационарных решений и их линейной устойчивости при выращивании кристаллов методом плавающей зоны была разработана математическая модель. На основе этой модели разработан и реализован численный алгоритм для исследования трехмерных нестационарных режимов течения в жидком мостике с учетом термокапиллярного и концентрационно-капиллярного механизмов генерации движения. В соответствии с данными анализа линейной устойчивости было проведено численное моделирование в докритических и слабонадокритических областях параметров при преобладании того или иного механизма.

Правовая защита определяется авторским правом. Основные результаты, полученные при разработке метода управления течением и сегрегацией примеси при выращивании кристаллов с использованием вращательных вибраций вокруг оси ампулы, изложены в 19 статьях в российских и зарубежных реферируемых журналах.

H.Nguyen-Thi, G.Reinhart, B.Zhou, B.Billia, Q.Liu, T.P.Lyubimova, B.Roux. Tai-

loring of dendritic microstructure in solidification processing by crucible vibration. *Journal of Crystal Growth*, 2005, vol.275, pp.1579-1584.

Y.C.Liu, W.C.Yu, B.Roux, T.P.Lyubimova, C.W.Lan. Thermal-solutal flows and segregation and their control by angular vibration in vertical Bridgman crystal growth. *Chemical Engineering Science*, 2006, vol.61, pp.7766 – 7773.

D.V.Lyubimov, T.P. Lyubimova, A.A. Cherepanov, N.I. Lobov, V.V. Vasilyev, B. Roux. Vibration Effect on Morphological Instability of Planar Solidification Front. *J. Crystal Growth*, 2007, vol.303, pp.269-273.

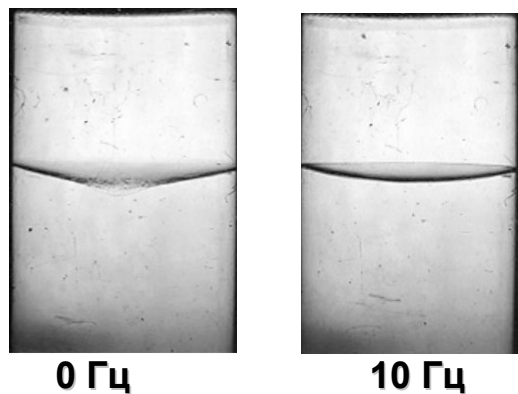
Ч.В.Лан, Д.В. Любимов, Т.П. Любимова, Н.А. Оспенников, Я.Н. Паршакова, В.Ч.Ю. Влияние высокочастотных вибраций на морфологическую неустойчивость

фронта при направленной кристаллизации бинарных сплавов. *Изв. РАН, Механика жидкости и газа*, 2008, № 4, С.16-27.

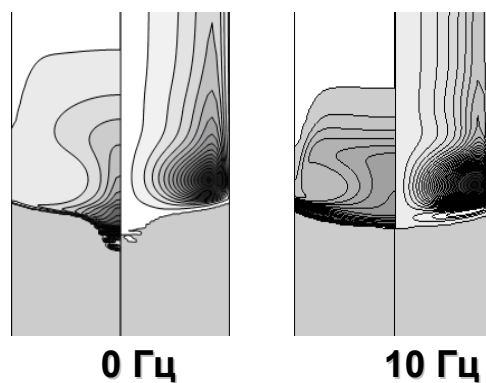
L.C. Wang, Y.C. Liu, W.C. Yu, B. Roux, T.P. Lyubimova, C.W. Lan. Segregation control of vertical Bridgman growth of Ga-doped germanium crystals by accelerated crucible rotation: ACRT versus angular vibration. *J. Crystal Growth*. Vol.311, Issue 3, 2009, pp.684-687.

Методика апробирована в рамках лабораторных экспериментов для модельных прозрачных материалов с низкой температурой кристаллизации и в рамках численного моделирования кристаллизации таких расплавов и систем с высокой температурой кристаллизации.

эксперимент



численное моделирование



Производство кристаллов широко развито в Центральной России. В Пермском крае на основе таких кристаллов осуществляется сборка, тестирование и упаковка электронных компонентов.

Отечественных аналогов разработки не существует, за рубежом имеются отдельные элементы разработки, не представляющие, однако, собой единого комплекса.

Потенциальными пользователями разработки являются предприятия по созданию полупроводниковых кристаллов.

Методы решения задач распространения примеси в пористой среде с учетом аномальной диффузии.

Разработка основных методов и решение ряда задач проводилась в период с середины 2008 г. до начала второго квартала

2011г., основная часть работы была выполнена на базе кафедры теоретической физики Пермского государственного университета коллективом авторов: Любимов Д.В. (проф., заведующий кафедрой), Любимова Т.П. (проф.), Марышев Б.С. (ассистент 2009-2010 г.г.), Голдобин Д.С. (ст. преп.).

Данная разработка позволяет изучать процессы распространения примеси, загрязняющих веществ и микроорганизмов в насыщенных жидкостью пористых средах, в том числе во влажном грунте при наличии интенсивного фильтрационного потока жидкости и адсорбции примеси на стенках пористых каналов. Особое внимание уделяется влиянию таких слабо изученных факторов как эффект памяти в процессах прилипания и отрыва частиц примеси от пористой матрицы, нелинейная кинетика

адсорбции и десорбции, анизотропная дисперсия переноса примеси потоком, случайные макроскопические неоднородности пористой среды, способных приводить как к аномально быстрой диффузии, так и к замедлению процесса вымывания примеси (проблема «тяжелых хвостов»). Были изучены процессы распространения примеси как в стационарных, так и в пульсирующих потоках.

Отдельно исследована диффузия в фильтрационном потоке через макроскопически случайно неоднородную среду в двумерной и трехмерной постановках (в предположении однородности течения и макроскопической структуры скелета вдоль одного из горизонтальных направлений и без учета осаждения): выяснены физически обоснованные корреляции между случайными неоднородностями различных характеристик пористой среды (пористости, проницаемости, тензора дисперсии и т.д.). Разработаны методы определения коэффициентов продольной и поперечной диффузии отдельных частиц (лагранжев подход), а так же оценки асимптотического поведения распределения концентрации примеси при стационарном точечном источнике.

Полученные методы и результаты могут быть использованы при изучении физических параметров и свойств пористых сред. Подробное изучение процесса диффузии необходимо при изучении течения грунтовых вод, прогнозировании распространения загрязнений в почве, сельскохозяйственном обогащении почв (как различными минеральными удобрениями, так и с помощью микроорганизмов), разработке различных месторождений, производстве пористых материалов, разработке фильтрующих элементов и фильтрующих систем очистки.

В период с 2008 по 2011 год были разработаны следующие методы и решены следующие задачи:

1) методы решения задач диффузии с прилипанием частиц к твердому скелету пористой среды, в рамках подхода основанного на решении уравнений содержащих дробную производную (использована МММ модель);

2) методы решения задач диффузии с прилипанием частиц к твердому скелету пористой среды, в рамках подхода основанного на описании двух фаз примеси (связанной и свободной) с некоторой кинетикой перехода примеси между фазами (использована модель с кинетикой второго порядка);

3) решен ряд тестовых одномерных задач, выяснены основные корреляции между результатами, полученными с помощью разных подходов;

4) с учетом эффектов сорбции решена задача об устойчивости диффузионного фронта, распространяющегося в глубь массива пористой среды в рамках двух подходов, проанализирована адекватность методов, дана оценка характерного времени развития неустойчивости. (пример задачи о распространении тяжелого загрязнения в почве);

5) с учетом эффектов сорбции решена задача о конвективной устойчивости однородного течения в вертикальном фильтре с учетом эффектов сорбции. Выяснены области применимости обоих подходов к подобным задачам (пример задачи о течении внутри фильтрующей системы);

6) предложены методы получения основных характеристик пористых сред при макроскопическом беспорядке с произвольными статистическими свойствами, а именно вычислены выражения для коэффициентов гидродинамической дисперсии, установлены топологические ограничения на эргодичность и получено соотношение между коэффициентами «временной» диффузии и дисперсии. Выявлена существенная топологическая разница между двух- и трехмерными ситуациями (задача по определению параметров пористой среды).

Основные результаты, полученные при разработке метода, отражены в следующих публикациях:

Boris Maryshev, Maminirina Joelson, Dimitri Lyubimov, Tatiana Lyubimova and Marie-Christine Néel, Non Fickian flux for advection-dispersion with immobile periods // J. Phys. A: Math. Theor. – 2009. – V. 42, №115001. – pp.1-17.

Любимов Д.В., Любимова Т.П., Марышев Б.С., Marie-Christine Néel. Дискретизация потока примеси в рамках фрактальной ММ модели аномальной диффузии // Вычислительная механика сплошных сред. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 70-82.

Любимов Д.В., Любимова Т.П., Марышев Б.С. Конвективная устойчивость диффузионного фронта при учете прилипания частиц примеси к скелету пористой среды // Тезисы докладов конференции молодых ученых «Фундаментальные и прикладные задачи нелинейной физики», XV Научная школа «Нелинейные волны – 2010» – Нижний Новгород, 2010. – с. 81.

Любимов Д.В., Любимова Т.П., Марышев Б.С. Конвективная устойчивость однородного просачивания примеси в замкнутой полости насыщенной пористой среды при учете прилипания частиц примеси к скелету // Тезисы докладов VII Международной конференции «Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике» – Новосибирск, 2010. – с. 126.

Марышев Б. С. Нестационарные режимы тепломассообмена в пористой среде: дисс. к. ф.-м. н. – Пермь, 2010, – 216 с.

Степень готовности: разработанные методы и подходы уже сейчас позволяют решать широчайший круг задач, связанных с диффузией в пористых средах.

В отечественной и мировой практике подобные задачи обычно решаются экспериментальными и полужэкспериментальными методами (эксперимент под конкретную задачу). Круг задач решаемых аналитически, в которых даны те или иные конкретные рекомендации крайне узок и зачастую эти задачи достаточно абстрактны (сложно придумать более менее реальную ситуацию которая отвечала бы постановке таких задач). В нашем случае существует возможность аналитического решения достаточно широкого круга задач, затрагивающего не только собственно диффузионные задачи, но и комплексные задачи (например, концентрационная конвекция). Такой подход требует меньших материальных затрат, по сравнению с экспериментальным, поскольку строительство экспериментальной установки либо не требуется вовсе, либо можно получить су-

щественные рекомендации для постановки эксперимента, что упростит процесс.

Потенциальные пользователи разработки: учреждения и организации, занимающиеся проектированием и разработкой фильтрующих систем и систем очистки, сельскохозяйственные организации, любые организации, в ходе деятельности которых происходит загрязнение почв.

Эффективные методы расчета гидродинамики русловых потоков с учетом плотностных эффектов.

Методы созданы в период 2010 – 2011гг. сотрудниками кафедры теоретической физики Пермского государственного университета, Лаборатории вычислительной гидродинамики ИМСС УрО РАН, Лаборатории проблем гидрологии суши Горного института УрО РАН. Авторы: проф. Д.В. Любимов, проф. Т.П. Любимова, проф. А.П. Лепихин.

В прикладной динамике русловых потоков, как правило, не учитываются плотностные эффекты, связанные с неоднородностью распределения температуры и минерализации воды или содержания в ней взвешенных частиц по акватории водных объектов. Однако во многих случаях эти эффекты играют значительную роль в формировании гидродинамического и гидрохимического режимов рассматриваемых участков водохранилищ. Коллективом авторов разработаны модели и эффективные методы расчета гидродинамики русловых потоков с учетом плотностных эффектов.

Разработанные модели и методы готовы к применению. Они опробованы на решении двух важных для Пермского края прикладных задач. Первая задача рассматривалась в рамках программы реконструкции Чусовского водозабора г.Перми с целью улучшения качества забираемой воды по показателю – общая жесткость. Основной источник питьевого водоснабжения г. Перми (Чусовской водозабор) находится непосредственно ниже слияния рек Чусовая и Сылва, характеризующихся существенно различным химическим составом воды. При этом в зимний период на данном водозаборе наблюдается превышение

нормативных требований по показателю жесткости воды. Поскольку жесткость воды линейно связана с ее минерализацией, то возникла задача разработки конструкции водозабора, позволяющей отбирать воду с меньшей минерализацией, т.е. с меньшими показателями общей жесткости. Проведенные на основе разработанных моделей и методов вычислительные эксперименты и натурные исследования показали, что более плотные воды р. Сылва подтекают под менее плотные воды р. Чусовой. В свою очередь, воды р. Чусовой как менее плотные натекают на более плотную воду р. Сылвы. Таким образом, путем изменения конструкции водозабора, создания «донного» барьера, можно более чем на 1/3 снизить общую жесткость забираемой воды и обеспечить ее приемлемое качество по гигиеническим показателям.

Вторая задача – разработка методических подходов регулируемого отведения избыточных рассолов в Камское водохранилище.

В настоящее время интенсивно разрабатывается Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей. Характерной особенностью существующей технологической схемы производства хлористого калия является образование значительных объемов избыточных рассолов, ~ 1,5 м³ на тонну готовой продукции. К сожалению, до настоящего времени не выработаны технологии безотходного производства хлористого калия. Поэтому весьма актуальна проблема безопасной утилизации избыточных рассолов. Опреснение рассолов требует очень значительных расходов тепловой энергии. С этой целью в середине 70-х годов планировалось строительство двух ядерных реакторов, одного в г. Соликамск, другого в г. Березники, однако эти проекты осуществлены не были. Закачка рассолов в надсоляные горизонты повышает риски, как для безопасности рудников, так и для системы питьевого водоснабжения региона. В настоящее время значительное количество рассолов разгружается в виде фильтрационных потоков из шламохранилищ в р. Каму (Камское водохранилище). Поскольку р. Кама (Камское водохранилище) имеет очень существен-

ную внутригодовую неравномерность, то для снижения технологических нагрузок на данном водном объекте и улучшения его экологического состояния целесообразно синхронизировать интенсивность отведения рассолов с гидрологическим режимом водного объекта. Основная сложность решения данной задачи состоит в том, что процессы разбавления, миграции высокоминерализованных рассолов в водные объекты принципиально отличаются от разбавления сточных вод с нейтральной плотностью. Из-за своей очень высокой плотности они могут, как показали натурные и предварительные вычислительные эксперименты, распространяться в придонной области без снижения концентрации на значительные расстояния. К сожалению, традиционные методы расчетов процессов разбавления, лежащие в основе действующих нормативно-методических документов, регламентируют отведение сточных вод в водные объекты, не учитывая плотностные эффекты. Это приводит к тому, что значительно занижаются расчетные концентрации в придонной области, что ведет к гибели бентосных гидробиоценозов. Коллективом авторов разработаны и опробованы модели и эффективные методы расчета процессов разбавления рассолов с учетом плотностных эффектов.

Правовая защита определена авторским правом. Основные публикации, в которых приведено описание разработки:

A.P. Lepikhin, T.P. Lyubimova, Ya.N. Parshakova, A.A. Tiunov. Numerical Modeling of a Dilution and Transport of Highly Salty effluent in Water bodies taking into account density stratification effects. 19-ème Congrès Français de Mécanique. Marseille, 24-28 août 2009. Proceedings on CD.

T.P. Lyubimova, A.P. Lepikhin, N. Shumilova. Three-dimensional Modeling of Large Water Bodies with Complex Geometry and Essential Density Inhomogeneity in Depth. 19-ème Congrès Français de Mécanique. Marseille, 24-28 août 2009. Proceedings on CD.

Т.П. Любимова, А.П. Лепихин, Я.Н. Паршакова, А.И. Тиунов. Численное моделирование разбавления и переноса тяже-

лых рассолов в крупных водных объектах, ВМСС, 2010, Т.3, № 4.

А.П. Лепихин., Т.П. Любимова, Я.Н. Паршакова, А.А. Тиунов. К проблеме отведения избыточных рассолов предприятия калийной промышленности в водные объекты. Водное хозяйство России, 2010, № 3, С.57-74.

А.П. Лепихин, Т.П. Любимова, В.В. Коновалов, Я.Н. Паршакова, Н.С. Шумилова. Использование стратифи-кационных эффектов для улучшения качества забираемой воды из поверхностных водных объектов на питьевые нужды. Водное хозяйство России, 2011, №

Степень готовности: разработанные модели и методы готовы к применению. Они опробованы на решении двух важных для Пермского края прикладных задач.

Для реализации разработанных моделей и методик имеются авторские пакеты программ, Пермский университет располагает необходимыми вычислительными мощностями, подготовлены специалисты, способные активно использовать описанные разработки.

Научно-технический уровень разработки соответствует мировым аналогам.

Потенциальными пользователями разработки являются водопользователи осуществляющие водозабор из стратифицированных водных объектов, а также предприятия, отводящие в водные объекты сточные воды, плотность которых значительно отличается от плотности воды водотока-приемника.

Разработка научных основ и изготовление приборов для опытов по физике жидкостей и газов на космических аппаратах.

Работы ведутся в рамках лицензий на осуществление космической деятельности № 9 К от 11.06.2004 г. и № 1441 К от 29.11.2010 г., предоставленных Пермскому государственному университету Федеральным космическим агентством, для выполнения следующих видов услуг:

- создание и производство космической техники, космических материалов и технологий, а также создание и рекон-

струкция космической инфраструктуры, в части проведения опытно-конструкторских, научно-исследовательских и экспериментальных работ по созданию научной аппаратуры в области физики жидкости и газа для космических экспериментов на Российском сегменте Международной космической станции;

- сопровождение экспериментов на Российском сегменте Международной космической станции.

Готовящиеся космические эксперименты включены в «Программу научно-прикладных исследований и экспериментов на РС МКС» по тематике секций № 1 и № 7 Координационного научно-технического совета Роскосмоса.

Разработка направлена на создание научной аппаратуры для экспериментов на Международной космической станции, транспортных грузовых кораблях «Прогресс» и автоматических научных спутниках «Фотон» по исследованию поведения жидких и газообразных сред в невесомости под действием различных факторов. Для подробного исследования широкого круга явлений разработаны экспериментальные ячейки и измерительные приборы, содержащий разнообразную современную аппаратуру – цифровые кросскорреляционные камеры высокого разрешения с системой регистрации температурных полей (PLIF), полевые измерители скорости (PIV), лазерный и ультразвуковой доплеровские измерители скорости; инфракрасные камеры, скоростную цифровую видеокамеру, интерферометр.

Кафедра общей физики ПГУ имеет значительный задел в разрабатываемой области.

Кафедра выступала постановщиком космического эксперимента, в ходе которого разработан, изготовлен и функционировал на Орбитальной станции «Мир» комплект научной аппаратуры «Дакон» (Датчик конвекции), предназначенный для изучения термоконвективных течений жидкостей и газов в условиях пониженной гравитации и в низкочастотных инерционных полях.

Кафедра принимала участие в подготовке программы, наземном сопровожде-

нии и анализе результатов российско-французских экспериментов, выполненных на ОС «Мир» с аппаратурой «ALICE-1» и «ALICE-2». Российская часть программы была сформулирована в духе обсуждаемой разработки – для исследования чувствительности процессов в окрестности термодинамической критической точки по отношению к квазистатическим и вибрационным микроускорениям.

Сотрудники кафедры участвовали со специалистами из США в постановке и анализе результатов экспериментов «OLiPSE-01» по жидкофазному спеканию порошковых материалов, проводившихся на ОС «Мир». Установлены причины неустойчивости и дробления пузырей газа, окруженных расплавом, содержащим микроскопические частицы твердой фазы.

При подготовке и проведении указанных экспериментов накоплены знания и опыт по условиям на космических аппаратах, бортовому оборудованию, методам получения и передачи информации, изготовлению аппаратуры, ее испытаниям и составлению технической документации в соответствии с Требованиями к ракетной технике и космонавтике:

- положение о порядке создания, производства и эксплуатации космических комплексов РК-98-КТ. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 1998 г. № 819-31;

- положение о порядке создания научной аппаратуры для космических исследований (Положение НА-99), Распоряжение/Приказ Российской академии наук и Российского авиационно-космического агентства от 16 июня 2003 г. № 24/74.

Сложился опыт согласованной работы физиков-экспериментаторов, разработавших аппаратуру и сопровождавших эксперименты на ОС, космонавтов-операторов, специалистов Центра управления полетами и ОАО «РКК «Энергия», специалистов по численному моделированию конвекции, измерениям и расчетам микроускорений.

С 2008 г. по настоящее время на МКС функционирует прибор «Дакон-М» (Датчик конвекции модернизированный), изготовленный ПГУ по заказу ОАО «РКК

«Энергия». Совместно с ИМСС УрО РАН разрабатывается аппаратура для эксперимента «Гель-2» по полимеризации на МКС. ПГУ участвует в разработке аппаратуры для эксперимента «Крит», который будет проводиться на МКС и направлен на изучение течений и теплообмена в окрестности термодинамической критической точки.

Результаты этих космических экспериментов подробно опубликованы в отечественных и международных научных изданиях; неоднократно докладывались на Российских и Международных симпозиумах; в Проблемном совете № 4 Координационного научно-технического совета Российского космического агентства, на Секции 1 «Космическое материаловедение» и Секции 9.3 «Механика невесомости и гравитационно-чувствительные системы» Совета по космосу РАН, где получили высокую оценку специалистов.

Наземное экспериментальное изучение физики жидкостей, гидромеханики и теплообмена применительно к условиям реальной невесомости проводятся в ПГУ более двадцати лет. За это время созданы многочисленные экспериментальные методики, уникальные лабораторные комплексы. Сконструированы, изготовлены и испытаны в наземных условиях ячейки для изучения изотермических течений и тепловой и концентрационной конвекции в низкочастотных и вибрационных инерционных полях. Отработаны методики экспериментов при стационарных значениях управляющих параметров, а также для случаев тепловой и концентрационной волн, распространяющихся при ступенчатом включении источников тепла или массы. Впервые экспериментально реализованы параметрический резонанс в конвекции и эффекты возбуждения крупномасштабных осредненных течений под действием высокочастотных колебаний поля сил инерции – так называемой вибрационной конвекции. Накоплен опыт исследования слабой гравитационной термической и концентрационной конвекции в полостях различной геометрии и при различной взаимной ориентации градиента плотности и силы тяжести, в насыщенной жидкостью

пористой среде. Исследовались условия возникновения регулярных и хаотических колебательных режимов конвекции в однокомпонентных жидкостях, бинарных растворах и при наличии взвешенных в жидкости частиц. Изучены процессы развития термоконвекции при ступенчатом включении и низкочастотной модуляции инерционного силового поля и процессы управления конвективной устойчивостью. Имеется опыт изучения негравитационных механизмов генерации течений – термомагнитного и концентрационно-магнитного, а также их взаимодействия с конвективными механизмами гравитационной (инерционной) природы.

Пермский университет располагает механическими мастерскими, включающими в себя токарные, фрезерные и др. металлообрабатывающие станки, на которых была изготовлена научная аппаратура «Дакон»,

использовавшаяся на ОС «Мир», и усовершенствованный прибор «Дакон-М», действующий в настоящее время на РС МКС. При необходимости, при изготовлении аппаратуры будут задействованы производственные мастерские ОКБ «Маяк» при университете.

В университете имеется сертифицированная и поверяемая в установленные сроки контрольно-измерительная аппаратура, а также лабораторные стенды, с помощью которых проводится значительная часть конструкторско-доводочных, приемосдаточных и др. испытаний, таких как проверка работоспособности аппаратуры, электрического сопротивления и электрической прочности изоляции; испытания на электромагнитную совместимость, газовыделение, вибропрочность, холодоустойчивость, влагоустойчивость, устойчивость при повышенном давлении и др.

Приборная база:

- Шестнадцатиканальная термоизмерительная станция «Термодат»;
- Рабочая станция ETegro Hyperion ES360 G2;
- Графическая станция Etegro Avelion DW330;
- Измеритель LCR-817/RS;
- Осциллограф цифровой запоминающий WaveSurfer 422;
- Весы аналитические GR-300;
- Вибростенд V650 с усилителем мощности УМК-2000;
- Вибровискозиметр синусоидальный A&D SV-10;
- Вибровискозиметр синусоидальный A&D SV-100;
- Вискозиметр V40002 VISCO ELITE R;
- Тензиометр KSV SIGMA 701;
- Двухкомпонентная лазерная доплеровская измерительная система;
- Гелий-неоновый лазер с перестраиваемой частотой HTPS-ES с измерителем мощности излучения PM120;
- Тепловизионная камера TITANIUM 570M Full Pack – USB²/ Camlink;
- Цифровые кросскорреляционные камеры высокого разрешения с системой регистрации температурных полей «ПОЛИС» (PLIF);
- Измеритель полей скорости «ПОЛИС» (PIV);
- Ультразвуковой измеритель скорости DOP 3000;
- Скоростная фотокамера Basler WatchGuard 4GB Color A504kc;
- Цифровая видеокамера Canon XL-H1 с объективом HD L IS.

Датчик конвекции – акселерометр.

Прибор создавался в период 1983-2011гг.

Наименование подразделений, где создана разработка, автор(ы) разработки:

• Кафедра общей физики ПГУ: Бабушкин И.А., Герцен Ю.П., Глухов А.Ф.,

Зюзгин А.В., Кондрашов А.Н., Зильберман Е.А., Путин Г.Ф.

• ОАО «Научно-производственное предприятие «Системы контроля»: Агеев А.В., Вяткин К.В., Пинягин А.Ю., Порошин Д.В., Юрганов Н.Л.

- ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия», г. Королёв: Беляев М.Ю., Максимова М.М.

- Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, г. Королёв: Иванов А.И.

- Институт проблем механики РАН: Полежаев В.И., Никитин С.А.

- Институт прикладной математики РАН: Сазонов В.В.

Конвективный микроакселерометр предназначен для измерения сверхнизкочастотных (ниже 0,01 Гц) инерционных ускорений на орбитальных космических аппаратах – Международной космической станции, транспортных грузовых кораблях «Прогресс», автоматических научных спутниках «Фотон», «Бион» и других искусственных спутниках Земли. Других акселерометров, способных измерять микроускорения на таких низких частотах, в настоящее время не существует.

Действие датчика основано на регистрации изменений поля температуры, обусловленных конвекцией, возникающей в жидкостях и газах при воздействии вибрационных и инерционных ускорений. Это даёт возможность использовать конвективную ячейку в качестве низкочастотного акселерометра в авиационной и космической технике, автомобильной промышленности, компьютерной технике. Регистрация течений в зависимости от угла наклона конвективного датчика предоставляет возможность использовать его в качестве уровня, аналога гировертикали и гироскопа, например, при определении искривления буровых скважин, шахт и т.п.

Общий вид прибора «Дакон-М» показан на рис. В состав аппаратуры входят собственно датчик конвекции ДК и блок управления и сбора информации БУСД. Масса конвективной камеры 4,1 кг; габаритные размеры 220×170×170 мм³. Размеры и масса блока управления 280×195×70 мм³ и 2,6 кг, соответственно. Номинальная мощность, потребляемая прибором, 50 Вт. Аппаратура рассчитана на работу в автоматическом режиме. БУСД представляет собой микропроцессорное устройство, содержащее:

- преобразователь бортового питания;

- терморегулятор для поддержания разности температур между торцами конвективной камеры;

- блок измерения конвективных искажений температурного поля в камере датчика;

- блок накопления измерений по пяти каналам с длительностью записи до 5 суток при периодичности измерений 1 секунда;

- систему трехуровневой защиты нагревателя конвективной камеры от перегрева;

- блок копирования информации из архива на USB Flash.

Правовая защита обеспечена патентами, авторским правом:

Бабушкин И.А., Дёмин В.А., Дягилев Р.А., Путин Г.Ф. Акселерометр. Патент на изобретение № 2421735. 2011.

Зюзгин А.В., Путин Г.Ф., Харисов А.Ф. Наземное моделирование термовибрационной конвекции в реальной невесомости // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2007. № 3. С. 21-30.

Polezhaev V., Emelyanov V., Gorbunov A., Putin G., Zyuzgin A., Ivanov A., Beysens D., Garrabos Y. Preparation for the VIP-CRIT space experiment on the ISS: an analyses of MIR experiments and ground-based studies of heat transfer and phase separation in near-critical fluid // Journal of the Japan Society of Microgravity Applications. V. 25. № 3. 2008. P. 285-290.

Бабушкин И.А., Глухов А.Ф., Демин В.А., Зильберман Е.А., Путин Г.Ф. Измерение инерционных микроускорений с помощью конвективных датчиков // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2009. № 2. С. 72-77.

Путин Г.Ф., Глухов А.Ф., Завалишин Д.А., Беляев М.Ю., Сазонов В.В. Исследование микроускорений на борту МКС с помощью датчика конвекции ДАКОН-М. Препринт Института прикладной математики РАН. 2011. № 23. 32 с.



Прибор «Дакон-М» на РС МКС. Слева – датчик конвекции ДК; справа – блок управления и сбора данных БУСД, вверху – чехлы для ДК и БУСД

В настоящее время прибор «Дакон-М» находится на борту МКС в работоспособном состоянии. В университете налажена обработка данных, получаемых в космических экспериментах.

На основании опыта, накопленного во время эксплуатации НА «Дакон-М» на МКС, выработаны предложения по усовершенствованию датчика конвекции, которые увеличат его чувствительность и уменьшат временную

инерционность. Предлагается также дополнить блок управления устройством телеметрии, что позволит использовать НА «Дакон-М» во время автономных полетов Транспортных грузовых кораблей «Прогресс», на автоматических научных спутниках «Фотон» и других космических аппаратах.

II.4. Направление научной деятельности

«Моделирование, анализ и управление сложными динамическими системами»

Оценка экологического ущерба и моделирование распространения загрязнений в окружающей среде.

Разработка создана в период 1991-2011гг. на кафедре высшей математики Пермского государственного университета. Авторы разработки В.М. Сулонов, В.И. Иванов, В.А. Шимановский, И.Е. Полосков.

Необходимым условием устойчивого социального развития объектов административно-территориального деления территорий является наличие оперативной и

долговременной объективной информации об экологической обстановке, которая может быть собрана, проанализирована и обобщена в рамках интегрированных территориальных экологических систем мониторинга за уровнем загрязнения окружающей среды. Разработка таких систем предполагает развитие теоретических основ и практических алгоритмов для анализа и прогноза последствий переноса и распространения загрязняющих веществ, аварийных и залповых выбросов, для поддержки каналов обмена информацией, по-

лученной со стационарных постов и передвижных лабораторий контроля и т.д.

В соответствии с назначением, указанные системы мониторинга должны быть многофункциональными и обеспечивающими, как оперативный контроль за компонентами загрязнения окружающей среды, так и решение задач идентификации источников загрязнений, хранение и обработку информации. Системы

должны содержать математическое и программное обеспечение для анализа и прогноза последствий переноса и распространения загрязняющих веществ, аварийных и залповых выбросов, для поддержки каналов обмена информацией, полученной со стационарных постов и передвижных лабораторий контроля и т.д.



Передвижная экологическая лаборатория (рук. разработки В.Н. Иванов)

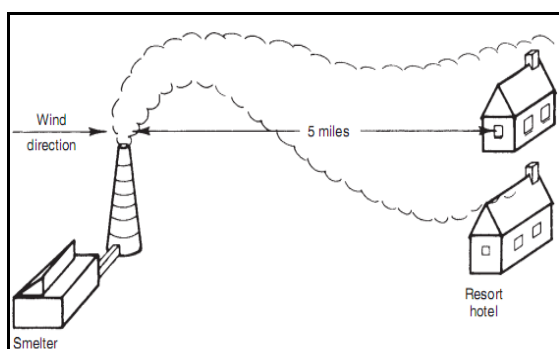
Разработка и применение таких систем мониторинга позволяет не только производить достоверную оценку влияния совокупности источников на окружающую среду, включая отдаленные во времени и от мест их расположения районы, но и оптимизировать программу воздухоохраных мероприятий на соответствующих территориях (предприятиях) и точно оценивать экономический ущерб от воздействия выбросов на природную среду в пределах всей зоны рассеивания (техногенного воздействия).

Коллективом сотрудников кафедры высшей математики (руководитель – профессор, д.т.н. Суслонов В.М.), других подразделений университета и сторонних организаций, исследования в рамках данного направления проводятся в течение 20 лет. В процессе этих исследований накоплен значительный опыт в решении природоохраных задач. Многие годы коллектив кафедры выполнял различные научно-исследовательские и хозяйственные работы, которые финансировались городским и

областным комитетами по охране окружающей среды, предприятиями Пермского и других регионов, в т.ч. в рамках Программы «Экологическая безопасность Урала» (1997-1998гг.). Исполнителями проекта разработана методика оценки регионально-го переноса примесей при расчетах территориальных экологических нагрузок, которая может быть использована для планирования бюджетных расходов природоохраных органов. Новизна данной методики заключена в том, что при ее использовании для оценки распределения экологической нагрузки по территории нет необходимости введения комплексного показателя качества окружающей среды, который всегда является субъективным, и отражает пристрастия конкретного ученого-исследователя. Она позволяет сразу оценивать относительное распределение экологической нагрузки по территории, не прибегая к вычислению её абсолютного значения.



Внутри передвижной экологической лаборатории (рук. разработки В.Н.Иванов)



Распространение воздушных загрязнений¹

Кроме того, такой подход к построению распределения экологической нагрузки позволяет избежать процесса моделирования конкретных механизмов воздействия загрязняющих веществ на природные объекты и человека в тех случаях, когда отсутствует утвержденная на государственном уровне методика расчета экологического ущерба, соответствующая определенному механизму.

Методика включает в себя оценки распределения среднесезонных и среднегодовых характеристик загрязнения атмосферного воздуха, связанных с пространственно-временной неоднородностью инверсионных слоев атмосферы и полей осадков в пределах крупного промышленного региона, на расстояниях до 300 км от источников промышленных выбросов. Методика учитывает тот факт, что на подобных мас-

штабах необходимо выделять два основных механизма формирования приземной концентрации вредных веществ. Один из них представляет собой обычное диффузионное рассеивание факелов примесей в результате турбулентного перемешивания, а второй – связан с эффективным захватом загрязняющих веществ инверсионными слоями и последующим их выпадением на значительных расстояниях от источников выбросов.

Созданные математические модели перераспределения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за счет их регионального переноса основаны на двух описанных выше фактах: эффекте захвата примесей слоями с аномальной стратификацией и разделением масштабов, на которых существенны различные механизмы переноса и выпадения примесей, в том числе их вымывания осадками.

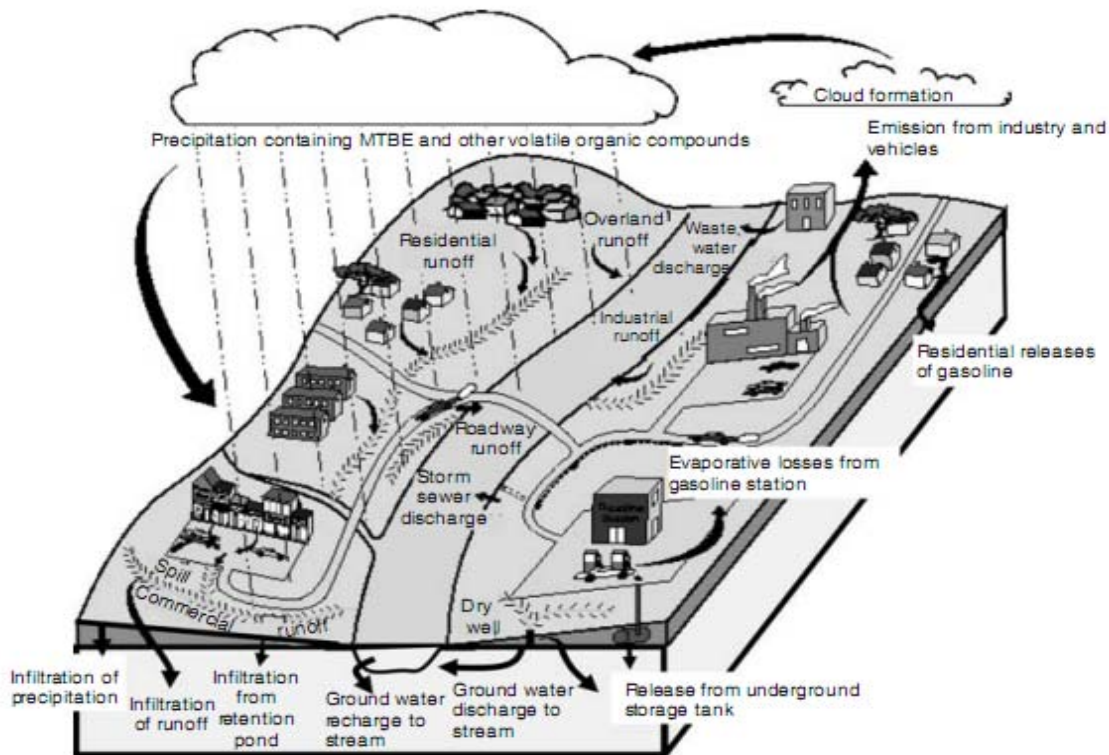
При испытаниях или уничтожении ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ) образуются твердые, газообразные и жидкие токсичные соединения. Испытания и отжиг РДТТ часто производится на специально оборудованных открытых стендах, что обуславливает выброс продуктов сгорания в атмосферу и их осаждение на большую территорию. Процесс сгорания быстротекущий (10-100 с), при этом образуются высокотемпературные продукты сгорания (1500-3500°K) с высокими скоростями истечения из сопла двигателя и большими, как следствие, массо-

¹ Рисунок из книги Boubel R.W., Fox D.L., Turner B. Fundamentals of Air Pollution. – 4th ed. – Amsterdam e.a.: Academic Press, 2008. – 967 p. [*]

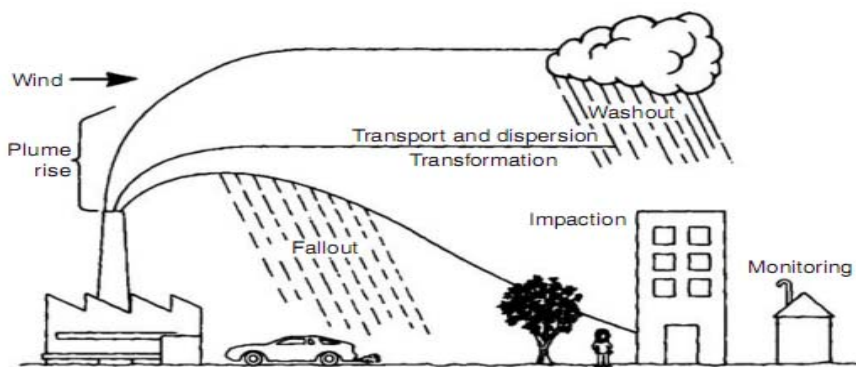
выми расходами загрязняющих веществ.

Наиболее эффективным способом определения распределения загрязняющих веществ в результате испытаний является разбивка всего процесса на характерные этапы, построение для каждого из них уп-

рощенной, но достаточно адекватной (с практической экологической точки зрения) модели, учитывающей теоретические и эмпирические данные.



Круговорот загрязнений¹



Распространение и выпадение воздушных загрязнений²

² Рисунок из книги [*]

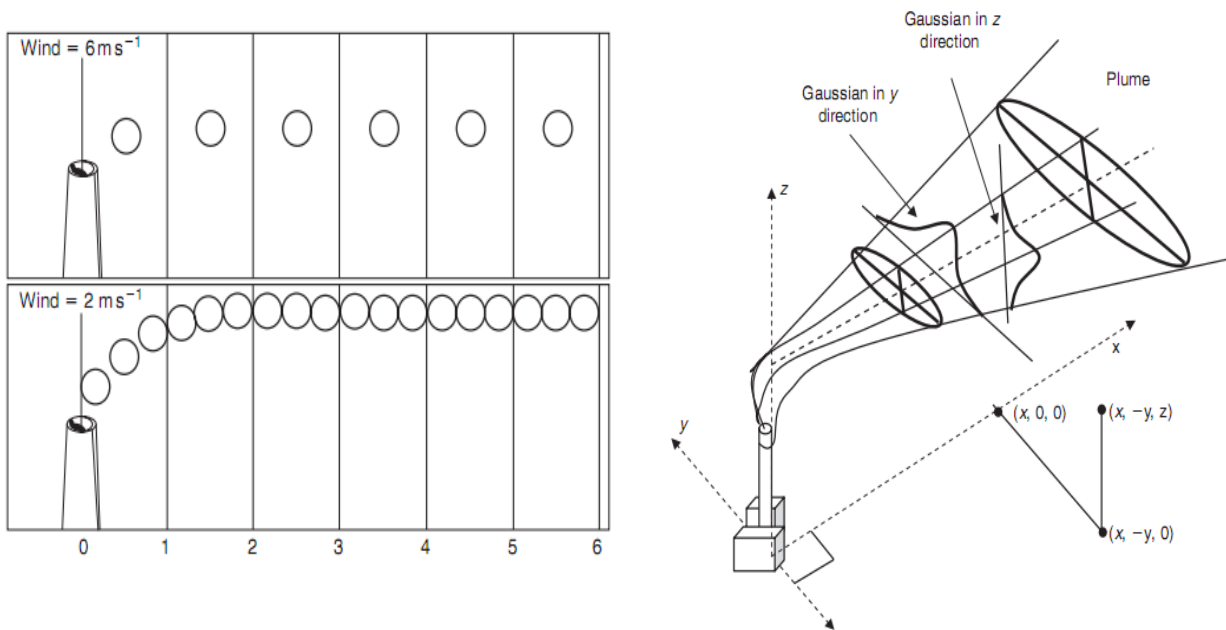
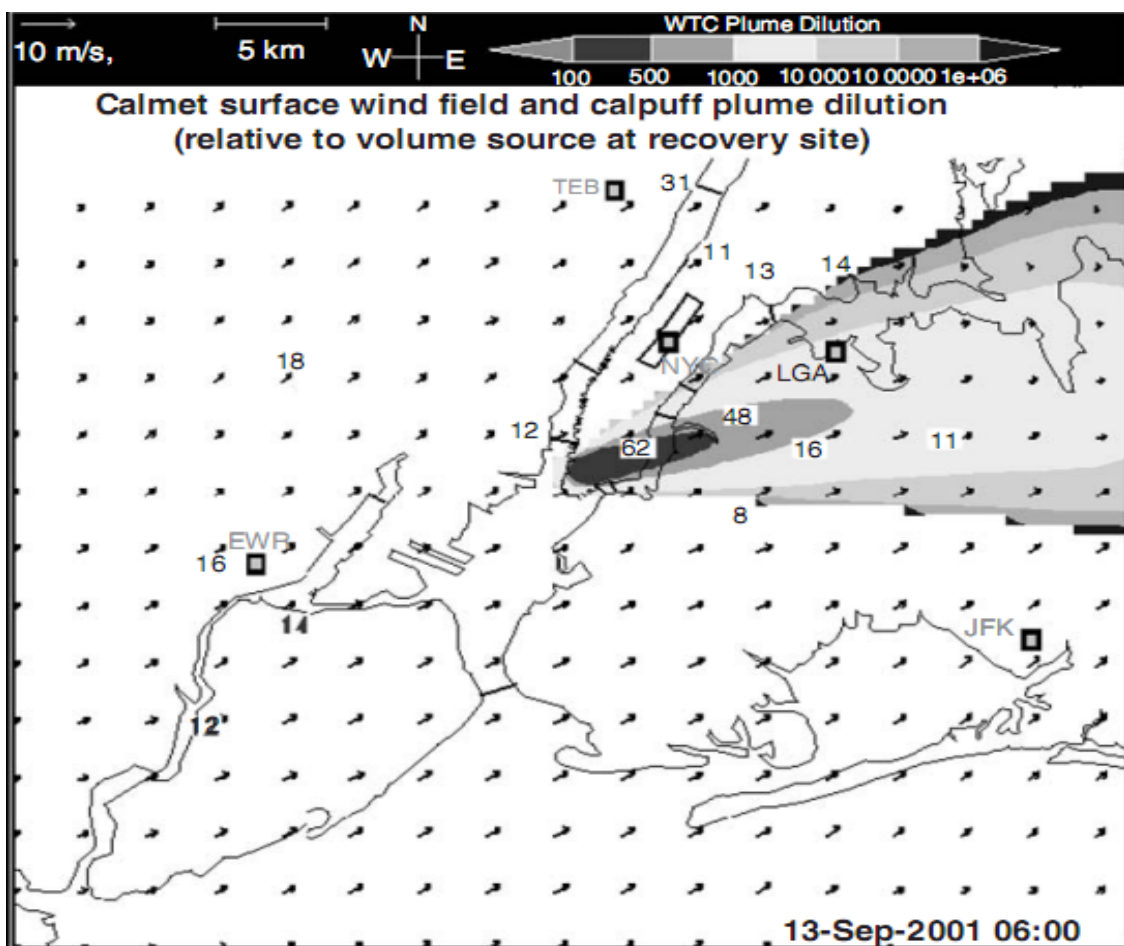


Схема образования клубов дыма и расчет распространения воздушных загрязнений³



Следы выпадения воздушных загрязнений⁴

³ Рисунок из книги [*]

⁴ Рисунок из книги [*]

В развиваемой методике описываемый процесс разбивается на несколько основных этапов: истечение горячей сверхзвуковой струи из сопла до отбойной стенки стенда; истечение газовой дозвуковой струи от отбойной стенки в атмосферу и формирование облака продуктов сгорания РДТТ; подъем облака (термика); рассеивание облака, фазовые переходы и выпадение твердых и жидких примесей продуктов сгорания.

Настоящая методика применима для математических расчетов, необходимых для разработки программ и условий проведения испытаний РДТТ, оценки воздействия испытательных стендов на окружающую среду и экспериментальной проверки результатов подобных расчетов.

В процессе выполнения работ были разработаны алгоритмы и программы расчета, которые были применены для оценки локальных воздушных загрязнений от точечных выбросов в детерминированной постановке задачи.

Правовая защита определяется авторским правом. Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач в предыдущих исследованиях определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Уткин Р.Е., Сулонов В.М., Иванов В.Н., Кислухин М.И. Принципы создания общегородской системы наблюдения и контроля над источниками промышленных выбросов г.Перми // Экология городов. Информационный сборник № 10. – 1998. – С.7-15.

Сулонов В.М., Аристов С.Н., Иванов В.Н. и др. Новый метод оценки рассеивания загрязнений территорий предприятиями на больших расстояниях от источников. // Тезисы докл. Межд. конф. «Проблемы загрязнения окружающей среды» (ISEP'98). – Москва, 1998. – С.167.

Полосков И.Е. Расчет первых моментов случайной концентрации вещества речного загрязнения // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2004. – Т.VII, № 2 (18). – С.103-110.

Полосков И.Е. Компьютерное моделирование динамики загрязнения бассейна реки с учетом запаздывания и случайных

факторов // Вычислительные технологии. – 2005. – Т.10, № 1. – С.103-115.

Полосков И.Е., Ветров А.Л. О стохастическом моделировании переноса загрязнений в атмосфере // Вестник Пермского ун-та. Математика. Механика. Информатика. – 2008. – Вып.4 (20). – С.145-148;

Полосков И.Е. К вычислению первых моментов в двумерной стохастической модели распространения загрязнения по течению реки // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. – Пермь, 2008. – Вып.40. – С.117-125.

Ранние разработки оценки распространения загрязнений полностью готовы к применению. Коллективом ведутся работы по модернизации ранних разработок, созданию новых перспективных модификаций.

В университете созданы все условия для модернизации и реализации разработок.

По основным характеристикам разработка соответствует лучшим отечественным аналогам и сравнима с лучшими мировыми аналогами.

Потенциальными пользователями разработки являются административные природоохранные службы различного уровня Пермского края и других регионов РФ, отделы экологии, экологические службы государственных и частных предприятий и организаций.

Применение процедур поточечной и групповой классификации к анализу состояния экосистемы и социально-экономической среды.

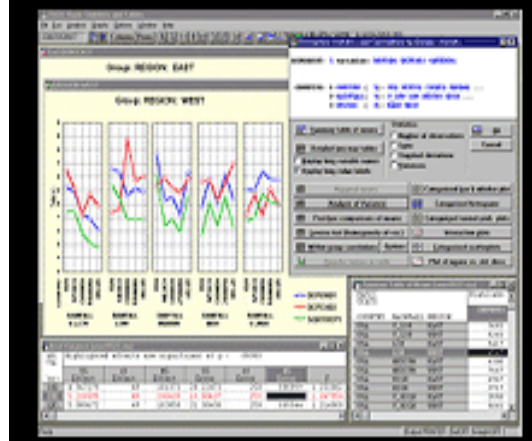
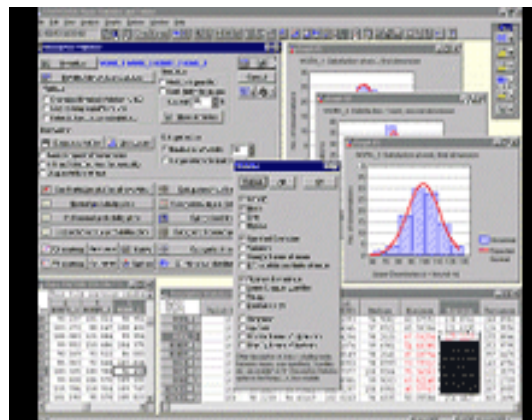
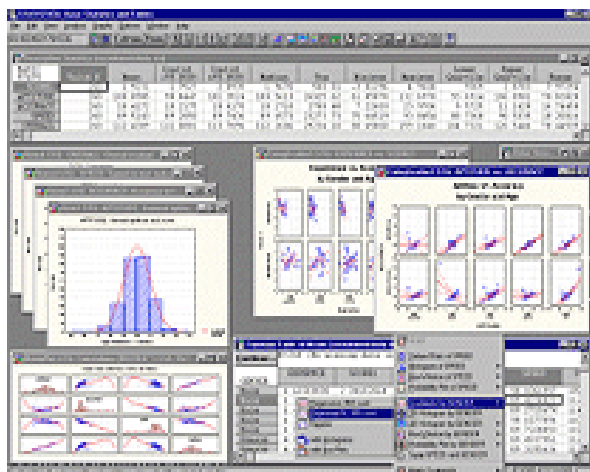
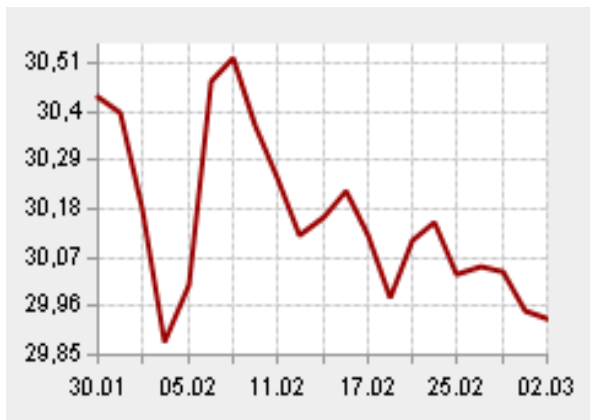
Разработка создана в период 1990-2011гг. на кафедрах теории вероятностей и математической статистики и высшей математики Пермского государственного университета.

Авторы разработки – Я.П. Лумельский, Р.А. Абусев, Е.В. Бабушкина, В.В. Чичагов, Н.В. Жекина, С.В.Каменева.

Область применения разработки – прикладная математическая статистика (разра-

ботка математических методов распознавания образов в моделях группового порционного выбора объектов из совокупностей на основе несмещенных, байесовских оценок, оценок максимального правдоподобия в случае многомерного нормального распределения, многомерного T-распределения Стьюдента, распределений Бэрра, Релея, Парето, альфа-обобщенного распределения Пуассона).

Практическая значимость определяется возможностью применения разработанных правил классификации при решении задач, связанных с оценкой риска здоровья населения, а также с оценкой рисков в экономической деятельности, в частности, возможность использования построенных правил классификации при анализе финансовой устойчивости компаний.



Применение статистических пакетов

Имеется задел, связанный с построением методик оценки риска здоровью населения в зависимости от деятельности органов и организаций Роспотребнадзора, а также анализа причинно-следственных связей факторов среды обитания и здоровья населения.

Авторское право на предлагаемую методологию построения решающих правил групповой и поточечной классификации, а также оценок рисков в социально-экономической и экологической сферах определяется публикациями авторов разра-

ботки, в том числе:

Абусев Р.А. Групповая классификация. Решающие правила и их характеристики. – Пермь. 1992. – 218 с.

Abusev R.A., Mazanova E.V. (Babushkina E.V.) Bayes estimation and group classification for multivariate dependent observations // Journal of Mathematical Sciences. – 1996. – Vol.81, № 4. – P.2773-2779.

Babushkina E.V., Abusev R.A. Computational formulas for the error probability in recognition of object with multivariate Student's distribution // Pattern Recognition and

Image Analysis. – 2005. – Vol.15, №3. – P. 557-559.

Бабушкина Е.В., Чичагов В.В. Предельное поведение оценки риска оптимальной групповой процедуры классификации выборки из однопараметрического экспоненциального семейства // Математические методы распознавания образов: 13-я Всероссийск. конф.: Сб-к докладов. – М.: МАКС Пресс, 2007. – С. 79-81.

Зайцева Н.В., Шур П.З., Бабушкина Е.В., Гусев А.Л. Методические подходы к определению вклада органов организаций Роспотребнадзора в управление риском здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – №11 (212). – С. 11-13.

Разработка практически полностью готова к применению.

Для реализации разработки в университете имеется вся необходимая инфраструктура.

Разработка не имеет отечественных аналогов, а по многим позициям превосходит лучшие мировые аналоги, в частности по степени общности полученных результатов.

Потенциальными пользователями разработки являются научные сотрудники и инженеры – специалисты в области статистического анализа данных, организации, занимающиеся оценками рисков. Активный интерес к разработке проявлен со стороны Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения Роспотребнадзора.

Теоретический аппарат и практические алгоритмы моделирования нелинейных динамических систем со сложной структурой.

Разработка создавалась в период 1976-2011 гг. на кафедрах процессов управления и информационной безопасности (ранее: кафедра механики и процессов управления) и высшей математики. Авторы разработки – В.В. Маланин, В.М. Суслонов, А.Б. Бячков, В.И. Иванов, И.Е. Полосков, В.А. Шимановский.

Работы в рамках компьютерного моде-

лирования динамики сложных механических систем ведутся на кафедре процессов управления и компьютерной безопасности (ранее механики и процессов управления) с начала 70-х годов двадцатого века под руководством проф. В.В. Маланина, а также на кафедре высшей математики (с 1988 г.) и в отделе 24 ОКБ «Маяк» при ПГУ (1981 – 1992 гг.) под его же научным руководством. Их результатом стало создание теоретического аппарата математического моделирования сложных механических систем, а на его основе ряда программных комплексов, успешно применявшихся на практике в НИИ и КБ Перми и Москвы (Московский институт теплотехники, корпорация «Энергия», ПНИТИ, г.Пермь, Пермский механический завод им. В.И. Ленина (сейчас ОАО «Мотовилихинские заводы»), Воткинский машиностроительный завод и др.), отраслевых руководящих материалов, подготовка значительного числа научных статей и диссертаций, докладов на международных, всесоюзных, всероссийских, региональных, отраслевых и др. конференциях.

Работы по теме «Математическое моделирование и оптимизация сложных механических систем» начались на кафедре механики и процессов управления Пермского государственного университета с начала 1980-х гг. (а затем были продолжены на кафедре Высшей математики) под руководством профессора В.М. Суслонова. Результаты исследований использованы при компьютерном моделировании систем залпового огня «Ураган» и «Смерч» на стадиях их конструирования и доводки.

Созданные алгоритмы легли в 1988 г. в основу двух Руководящих технических материалов (РТМ) отрасли. За разработанные по данной тематике программы расчетов Иванову В.Н. (в настоящее время доценту кафедры высшей математики) в составе группы молодых сотрудников ОАО «Мотовилихинские заводы» и Пермского государственного университета была присуждена премия Ленинского комсомола за 1988 г.



Разработки в рамках вероятностного исследования процессов в нелинейных динамических системах ведутся на кафедре процессов управления и компьютерной безопасности (ранее механики и процессов управления) с начала 70-х годов двадцатого века, а на кафедре высшей математики – с конца 1980-х под общим руководством проф. В.В. Маланина.

Важной частью исследований является компьютерное моделирование динамики механических систем, которое широко используется в современной инженерной практике. Оно позволяет существенно уменьшить объем натурных испытаний и, в конечном счете, сократить время и стоимость новых разработок.

При построении математических моделей сложных систем (например, в авиации, ракетодинамике, транспорте и т.д.) требуется учитывать большое количество отдельных составляющих и их сложные взаимосвязи. Более того, на этапе проекти-

рования необходимо принять во внимание наличие технологических погрешностей, которые определяются условиями производства и отражаются через посредство ненулевых допусков для ошибок изготовления в разбросе основных характеристик и параметров конструкций (масс, тензоров инерции, жесткостей и др.). Поэтому существенную роль в исследованиях играют методы классической и стохастической теории чувствительности и их программная реализация.

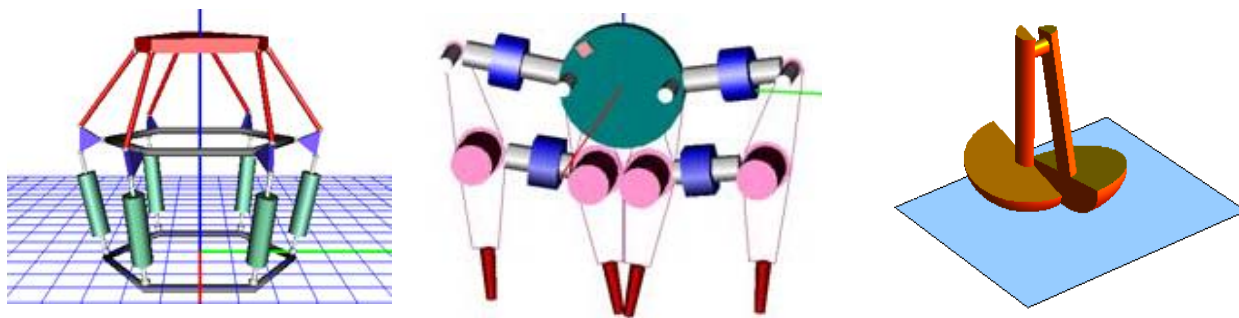
Кинематический и динамический анализ сложных машин и механизмов включает комплекс методов, предназначенных для компьютерного моделирования вновь разрабатываемых и совершенствующихся сложных изделий машиностроения, таких как роботы-манипуляторы, космические аппараты, автомобили, транспортно-погрузочные устройства. Практическая значимость исследования: замена дорогостоящих и длительных натурных экспери-

ментов и испытаний в процессе создания и опытной отработки новых машин и механизмов на быстрое и всестороннее их компьютерное моделирование.

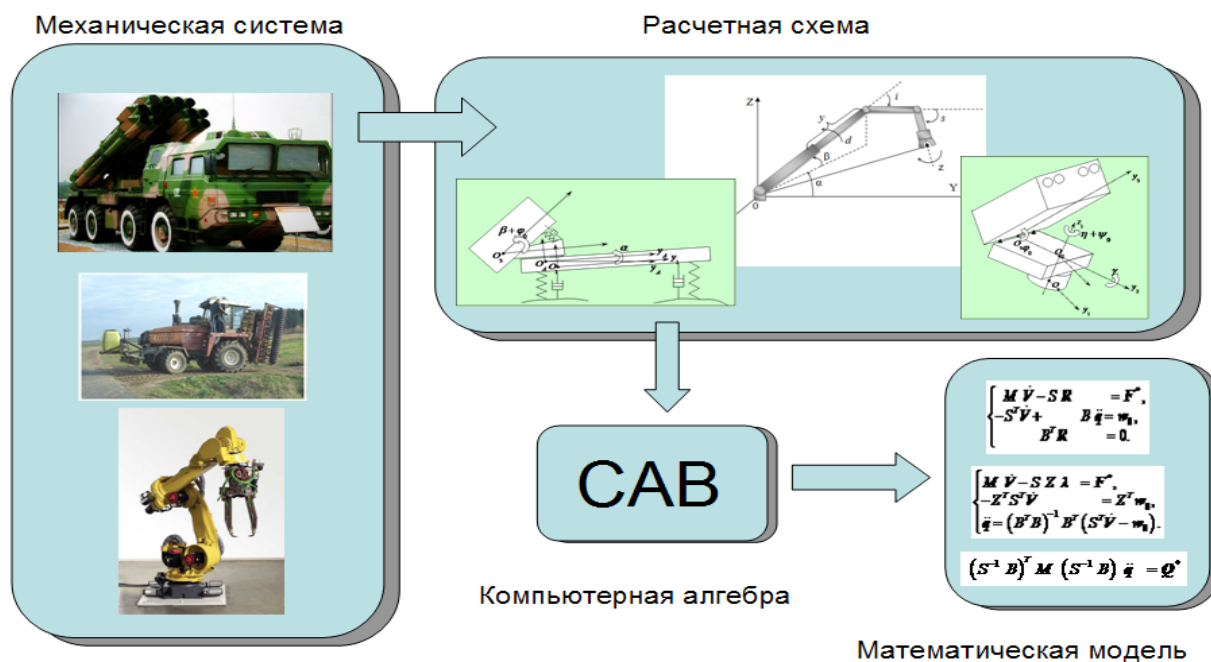
Исполнители проекта в области моделирования и инженерного анализа способны выполнить следующие научно-исследовательские задачи по созданию полнофункциональных моделей авиационной, автомобильной, ракетной техники, изделий тяжелого и транспортного машиностроения, военной техники, предназначенных для исследования их работы в различных условиях эксплуатации и испытаний:

1. Разработка расчетных схем исследуемых изделий, в максимальной степени учитывающих особенности конструкций и задач моделирования. Создание парамет-

ризованных моделей узлов и элементов машин различного назначения: моделей подвески и трансмиссии автомобилей, подъемно-поворотных механизмов, включая модели систем цифрового и аналогового управления и стабилизации, гидро-, пневмо- электроприводов, модели подсистем связанных твердых и упругих тел, кинематических связей, упругих и диссипативных звеньев с линейными и нелинейными характеристиками, моделей контактного взаимодействия, грунта, аэродинамических сил. Символьное построение математических моделей, кинематических и динамических уравнений движения, предназначенных для решения прямых и обратных задач механики.



Методы компьютерного формирования уравнений движения систем связанных твердых тел⁵



Итерационные методы моделирования механических систем⁶

⁵ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

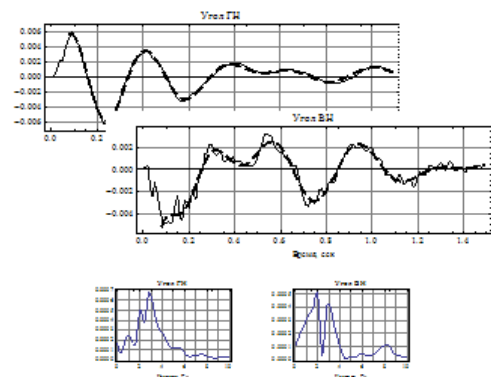
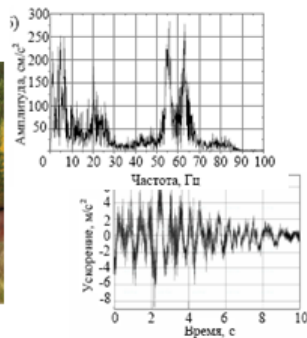
⁶ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

2. Численное интегрирование дифференциально-алгебраических уравнений (DAE), описывающих кинематику и динамику исследуемых механических объектов, расчет параметров состояний изделий, влияющих на их работоспособность и точность (перемещений, скоростей и ускорений произвольных узлов конструкций, действующих нагрузок и реакций связей, областей достижимости движущихся частей механизмов и т.п.). Использование различных авторских численно-аналитических методов, предназначенных для ускорения расчетов многомассовых и многосвязанных механических систем: итерационных методов решения DAE, методов модифицированных множителей Лагранжа для учета кинематических связей, методов модальной и частотной конденсации многостепенных моделей систем твердых и упругих тел.3. Различные формы анализа поведения механических систем: линейный и нелинейный статический анализ, динами-

ческий анализ, включающий расчет собственных форм и частот, амплитудно-частотных откликов на узкополосное и широкополосное гармоническое и импульсное возбуждение, анализ переходных процессов, быстропротекающих процессов ударного и взрывного характера, спектральных и переходных характеристик.

4. Оптимизация параметров изделий и анализ чувствительности целевых функций к этим параметрам. Разработаны методы оптимизации параметров форм, размеров и свойств конструкций (масс, напряжений, перемещений, частот собственных колебаний) с большим числом проектных параметров и ограничений. Представляют интерес созданные методы оптимизации программ функционирования изделий машиностроения по дискретно-непрерывным множествам параметров, например, порядка и темпа изменения структур механических систем, времени включения управляющих воздействий и пр.

Обработка результатов испытаний



Методы идентификации

$$y_{p+2n} + b_1 y_{p+2n-1} + \dots + b_{2n-1} y_{p+1} + b_{2n} y_p + b_0 = 0$$

$$y(t_j) \approx x(t_j) = \sum_{i=1}^n A_i e^{A_i t_j} \sin(\alpha_i t_j + \gamma_i),$$

$$\begin{cases} \operatorname{Re}(\lambda_i^{2n} + a_1 \lambda_i^{2n-1} + \dots + a_{2n}) = 0, \\ \operatorname{Im}(\lambda_i^{2n} + a_1 \lambda_i^{2n-1} + \dots + a_{2n}) = 0, \end{cases}$$

Определение конструктивных параметров и параметров колебаний

Идентификация математических моделей технических систем по результатам испытаний⁷

⁷ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

5. Идентификация параметров и структур математических моделей на основе экспериментальных данных с целью получения новых компьютерных моделей со свойствами, соответствующими свойствам физического образца. Планирование экспериментов (определение программ испытаний, измеряемых параметров, конфигурации систем измерения), обеспечивающих идентифицируемость заданных динамических характеристик изделий. Можно выделить следующие задачи идентификации, которые успешно решаются специалистами кафедры на стадии опытной отработки вновь разрабатываемого изделия машиностроения:

- определение числа степеней свободы математической модели, разбивка расчетной схемы конструкции на подвижные

массивные элементы (структурная идентификация);

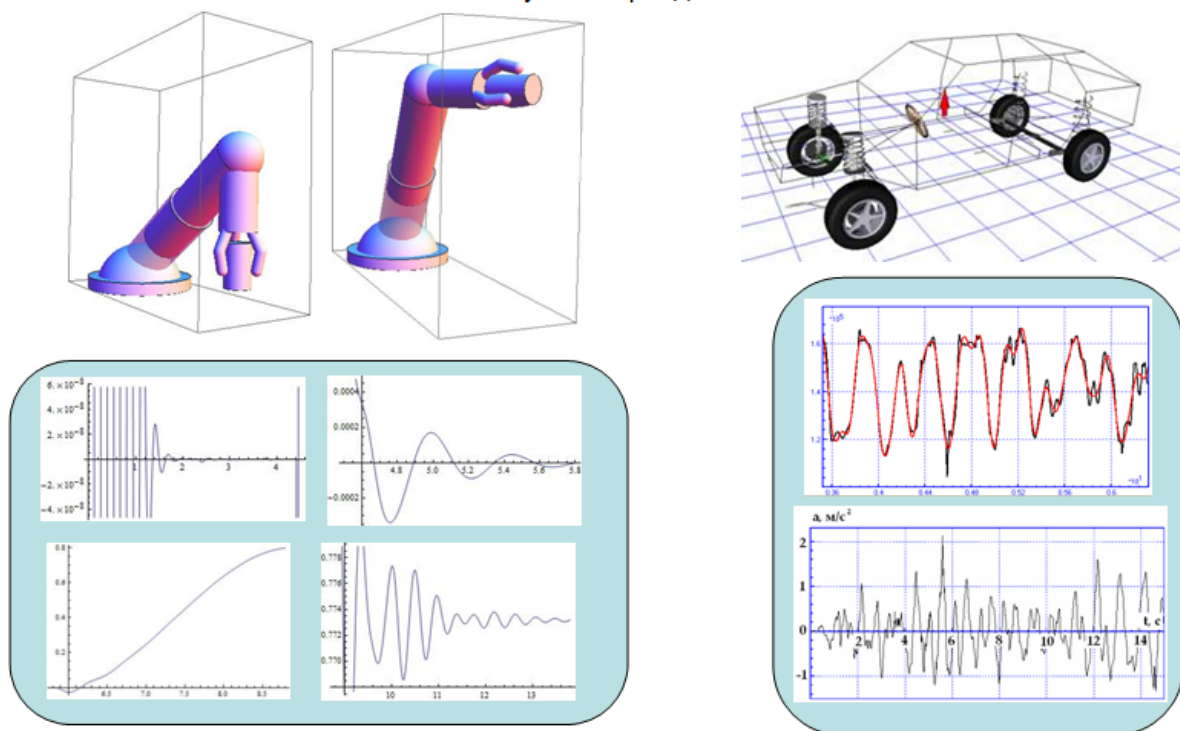
- идентификация параметров колебаний – частот, логарифмических декрементов затухания, амплитуд, фаз, форм колебаний, а также параметров силового воздействия с заданной структурой;

- определение параметров математической модели – коэффициентов дифференциальных уравнений и начальных условий;

- определение законов изменения жесткостных и демпфирующих свойств конструкции в зависимости от условий функционирования, параметров загрузки и внешнего возмущения;

- определение параметров силового нагружения изделий в реальных условиях эксплуатации.

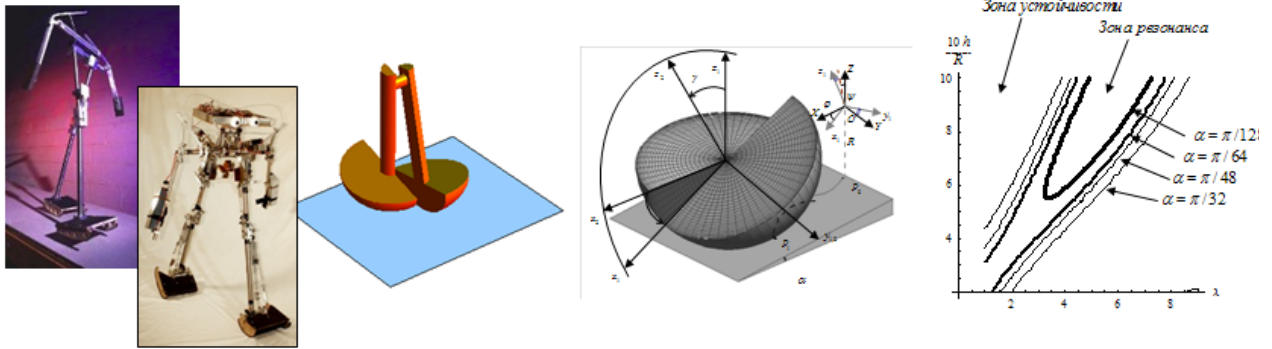
Визуализация движений



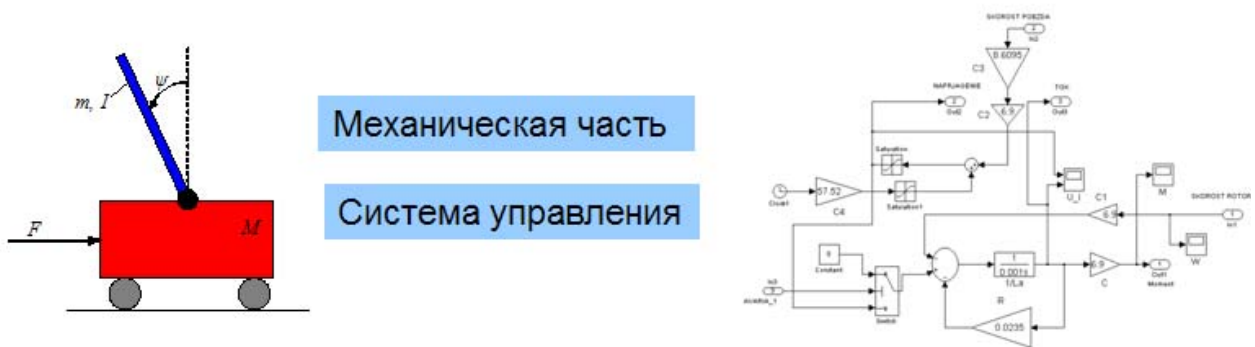
Визуализация результатов моделирования

Моделирование динамики и определение динамических параметров сложных механических систем⁸

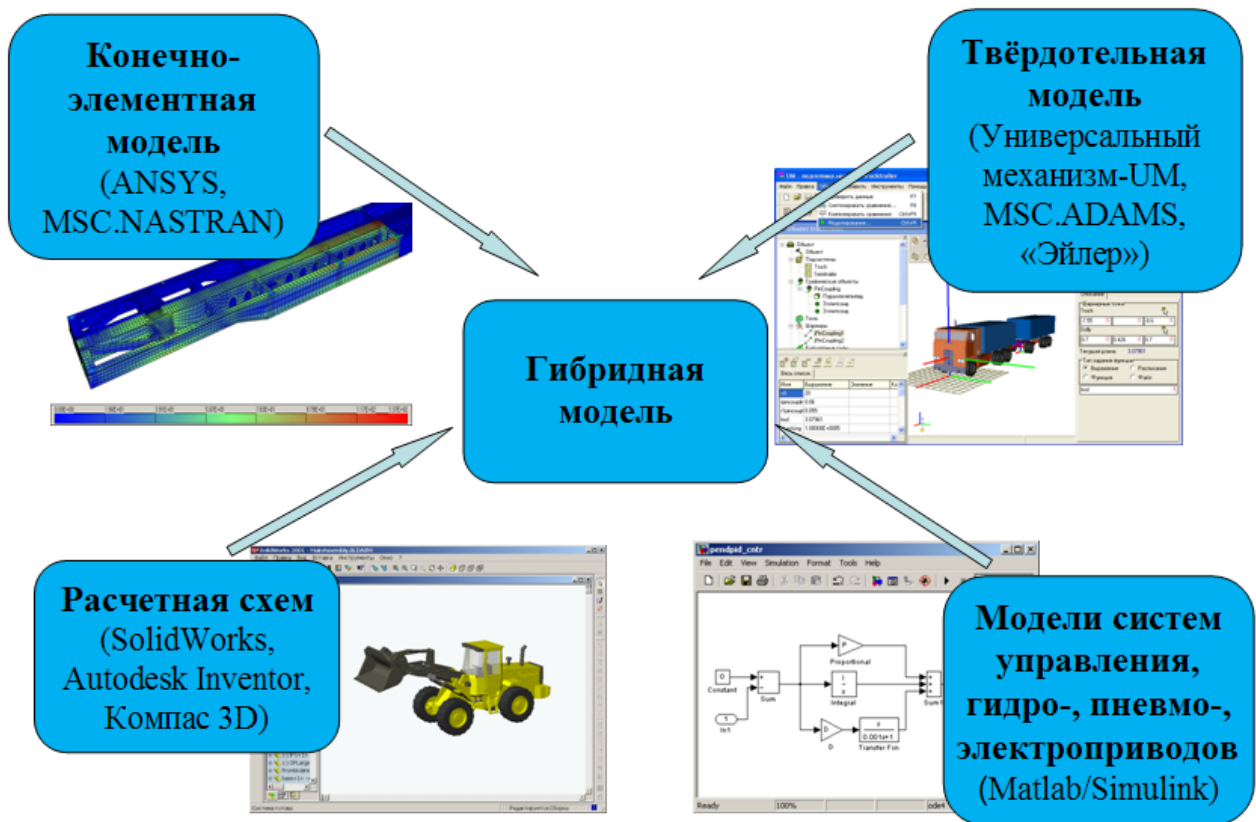
⁸ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.



Исследование динамических походок шагающих механизмов⁹



Оптимизация конструктивных параметров и систем управления механических систем¹⁰



Моделирование гибридных систем (систем твёрдых и упругих тел)¹¹

⁹ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

¹⁰ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

¹¹ Рисунок представлен В.Н.Ивановым.

При создании новых программных продуктов исполнители проекта активно используют навыки взаимодействия с CAD/CAE системами (импорт/экспорт моделей), способны выполнять исследования в различных существующих системах инженерного анализа и моделирования, таких как: MSC.Nastran, ANSYS, MSC.Adams, Универсальный механизм (UM), Matlab/Simulink и др.

Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач в предыдущих исследованиях определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Byachkov A.B., Ivanov V.N. Classification of various forms of dynamic multibody equations // EUROMECH Colloquium 495. Advances in simulation of multi-body system dynamics. Book of Abstracts. – Bryansk State Technical University, 2008. – P.24.

Бячков А.Б., Иванов В.Н., Шимановский В.А. Классификация форм уравнений динамики систем твердых тел со структурой дерева // Вестник Пермского ун-та. Математика. Механика. Информатика. – 2009. – Вып.7 (33). – С.21-25.

Иванов В.Н., Шимановский В.А. Применение итерационных методов для решения уравнений движения систем связанных твердых тел // Вестник Пермского ун-та. Математика. Механика. Информатика. – 2008. – Вып. 4 (20). – С.109–116.

Полосков И.Е. О чувствительности линейных стохастических систем к изменению детерминированных и случайных параметров // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. – Пермь, 2005. – Вып.37. –С.128-137.

Полосков И.Е. Чувствительность линейных стохастических дифференциально-разностных систем к изменению детерминированных параметров // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. – Пермь, 2007. – Вып.39. – С.197-204.

Шимановский В.А., Иванов В.Н. Методы составления уравнений движения систем связанных твердых тел в декартовых координатах // Проблемы механики и управления. Нелинейные динамические

системы: межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 2007. – Вып.39. – С.248-261.

Ранние разработки полностью готовы к применению. Коллективом ведутся работы по модернизации ранних разработок, созданию новых перспективных модификаций.

В университете создана вся необходимая инфраструктура для реализации разработки.

Разработка выполнена на уровне лучших отечественных и мировых аналогов.

Потенциальными пользователями разработки являются машиностроительные предприятия и КБ Пермского края и других регионов РФ; компании и фирмы, применяющие VPD-технологии (Virtual Product Development – виртуальная разработка изделий).

Построение статистических выводов, основывающихся на асимптотической теории несмещенного оценивания.

Разработка создавалась в период 2000-2011гг. коллективами кафедр теории вероятностей и математической статистики и высшей математики Пермского государственного университета. Авторы разработки – В.В. Чичагов, М.А. Олейник, Е.В. Бабушкина, О.Н. Сулова, Н.П. Федосеева, Е.А. Косьянова.

Область применения разработки – прикладная математическая статистика (построение точечных и интервальных оценок параметров и числовых характеристик распределения, проверка статистических гипотез по повторной выборке). Указываются условия, в которых применение несмещенных оценок более предпочтительно, нежели использование оценок максимального правдоподобия.

Авторское право на предлагаемую методологию применения асимптотической теории несмещенного оценивания определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Чичагов В.В. Об асимптотической нормальности одного класса несмещённых оценок в случае арифметических распределений // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2000. – Т. 7, вып. 1.

– С.154.

Chichagov V.V. The Limit Distribution of Unbiased Estimates of Integral Functionals Whose Sufficient Statistics of the Unknown Parameter Are the Minimum and the Maximum // *Journal of Math. Sciences.* – 2005. – Vol. 127, No. 4. – P. 2091-2094.

Бабушкина Е.В., Чичагов В.В. Предельное поведение оценки риска оптимальной групповой процедуры классификации выборки из однопараметрического экспоненциального семейства // *Математические методы распознавания образов: 13-я Всеросс. конф.: Сб-к докладов.* – М.: МАКС Пресс, 2007. – С. 79-81.

Chichagov V. Finding distribution of Kolmogorov statistic modification based on unbiased estimator of distribution function from exponential family // *Trans. of the XXVI Intern. Seminar on Stability Problems for Stochastic Models.* – Karmiel, Israel: Ort Braude College, 2007. – P. 60-63.

Чичагов В.В. Стохастические разложения несмещенных оценок в случае однопараметрического экспоненциального семейства // *Информатика и ее применения.* – 2008. – Т.2, вып.2. – С.62-70.

Степень готовности разработки – 70%.

В университете создана вся необходимая инфраструктура для реализации методологии.

Разработка не имеет отечественных аналогов, а по многим позициям превосходит лучшие мировые аналоги по степени общности полученных результатов.

Потенциальными пользователями разработки являются специалисты в области статистического анализа данных, аналитические и плановые отделы государственных и частных предприятий и организаций.

Анализ стохастических динамических систем различных классов.

Разработка создана в период 1990-2011гг. на кафедре процессов управления и информационной безопасности (ранее: кафедра механики и процессов управления) и кафедре высшей математики Пермского государственного университета. Авторы разработки В.В. Маланин, И.Е. Полосков.

Современный этап фундаментальных и прикладных исследований сложных технических и природных объектов (изделий специального машиностроения, конструкций из наноматериалов, экосистем) требует системного подхода, состоящего, наряду с другими составляющими, в оперативном построении математических как детерминированных, так и вероятностных моделей и создании эффективных расчетных алгоритмов анализа таких объектов, а также в использовании перспективных информационно-вычислительных технологий на всех стадиях решения поставленных задач.

Задачи вероятностного исследования процессов в нелинейных динамических системах различной природы относятся к числу важнейших как в теоретическом, так и в практическом плане. Необходимость их решения актуальна при моделировании различных явлений макро- и микромира: движения транспортных средств различного назначения по дорогам с нерегулярным профилем; перемещений высотных сооружений при ветровых и сейсмических воздействиях; колебаний наноструктур; просачивания жидкостей через земные слои со сложной структурой; распространения загрязнений в водной и воздушной средах и т.д.

К классу стохастических (или вероятностных, или случайных, или статистических) систем относятся системы со случайными параметрами (в широком смысле), которые представляют собой возмущения, влияющие на поведение исследуемых объектов. Такие системы средствами математического моделирования позволяют описать функционирование реальных нелинейных объектов, в которых параметры являются случайными процессами и/или величинами.

Как правило, существующие и разрабатываемые алгоритмы статистической динамики при решении конкретных задач предполагают проведение длинных и объемных аналитических выкладок. Поэтому естественными выглядят попытки использования современных систем аналитических вычислений (САВ, пакетов компьютерной алгебры) при решении таких задач. Использование САВ позволяет расширить

круг методов, доступных для автоматизированного применения, сократить временные затраты при вводе данных об исследуемом объекте, работать с математической моделью в символьном виде, вывести уравнения в каждом конкретном случае.

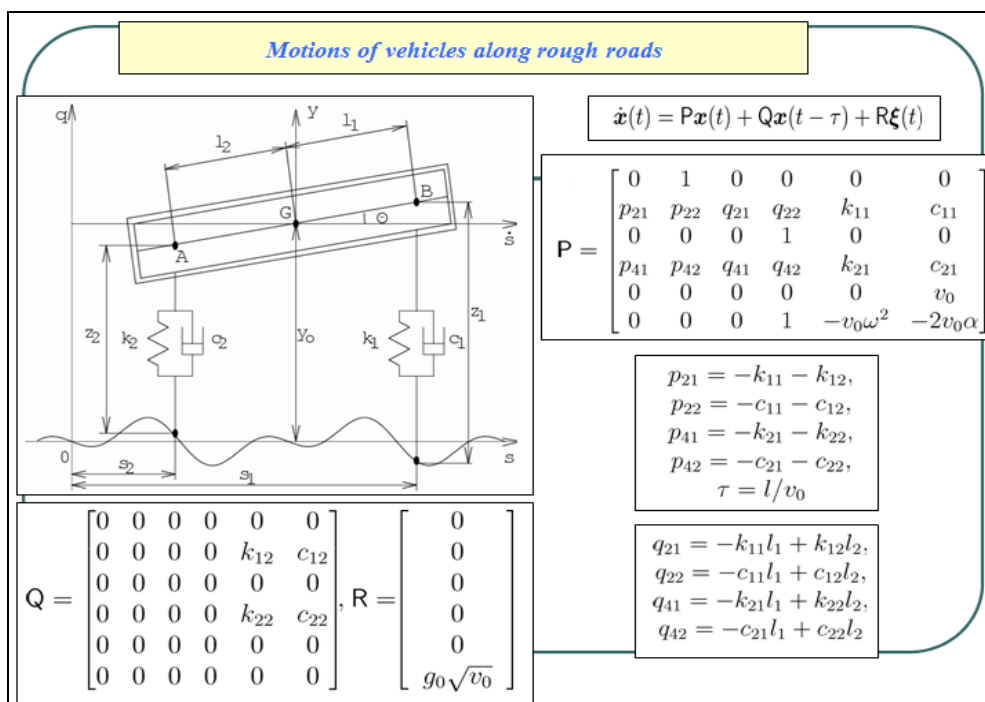
Исследования с применением систем аналитических вычислений (компьютерной алгебры) при моделировании систем специального назначения велись на кафедре механики и процессов управления Пермского государственного университета под руководством проф. В.В. Маланина с середины 1970-х годов в рамках хозяйственных работ с предприятиями Пермской области, г.Москвы и Подмосквья и заключались в автоматизации вывода уравнений движения и оценки влияния случайных конструктивных и технологических параметров на динамику таких систем.

Для решения проблем, связанных со стохастическими задачами механики систем с сосредоточенными параметрами и сплошной среды, природопользования и экологии (перенос загрязнений в воздушной и водных средах с учетом случайных факторов и последствий) был разработан следующий аппарат:

- 1) методика построения цепочки урав-

нений Фоккера-Планка-Колмогорова для (переходных) плотностей распределения фазовых векторов увеличивающейся размерности в случае постоянных одиночных и кратных запаздываний, алгоритмы и программы анализа соответствующих линейных и нелинейных систем, которые основаны на получении последовательности счетных систем обыкновенных дифференциальных уравнений для смешанных моментов фазовых векторов различных порядков, удовлетворяющих системам нелинейных стохастических дифференциальных уравнений (в смысле Стратоновича) без запаздывания, и на применении системы аналитических вычислений Mathematica.

Суть методики состоит в том, чтобы изучать случайные изменения фазового вектора системы при значениях времени вне начального множества посредством преобразования немарковского векторного процесса в марковский посредством расширения фазового пространства системы. Заметим, что при таком подходе для интегрирования можно использовать стандартные алгоритмы численного решения ОДУ, не прибегая к специализированным схемам;



Линейная модель плоского движения автомобиля по неровной дороге с учетом запаздывания

2) специальные схемы замыкания (урезания) построенных систем, разработки практических алгоритмов прикладного анализа и использования процедур метода Монте-Карло;

3) алгоритмы и программы анализа детерминированных систем с сосредоточенными и распределенными параметрами и с различными формами отклоняющихся аргументов, разработанные на основе схемы расширения фазовых пространств и реализованные в среде пакета Mathematica;

4) методика построения моментных уравнений и итерационная схема расчета первых моментов фазового вектора для линейных стохастических интегро-дифференциальных систем;

5) техника построения в неограниченной пространственной области уравнений для первых моментов случайных полей, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями (СДУ) в частных производных, и приближенная схема их решения, сочетающая применение систем аналитических вычислений и числовых расчетов. Эта методика была продемонстрирована на примере систем с распределенными параметрами, описываемых стохастическими аналогами уравнений Гинзбурга-Ландау, Бюргерса и колебаний вертикальной колонны под действием случайной следящей нагрузки и др.;

6) численно-аналитические схемы анализа различных систем с распределенными параметрами, подверженным случайным возмущениям;

7) методика, основанная на применении формулы Фуруцу-Новикова и предназначенная для построения системы уравнений для первых моментов фазового вектора, который удовлетворяет линейной системе стохастических интегро-дифференциальных уравнений;

8) методы анализа стохастических систем различных классов (полуобратной задачи, бесконечных линейных систем, формального разложения переходной плотности вероятности и др.); ряд модернизированных и алгоритмизированных известных схем статистической динамики (степенных

рядов, интегратора, принципа детального баланса); методика практического применения новых для вычислительной практики функций Христова при исследовании случайных режимов в системах с распределенными параметрами;

9) новое направление в стохастической теории чувствительности, связанное с оценкой влияния случайных параметров на вероятностные характеристики объекта;

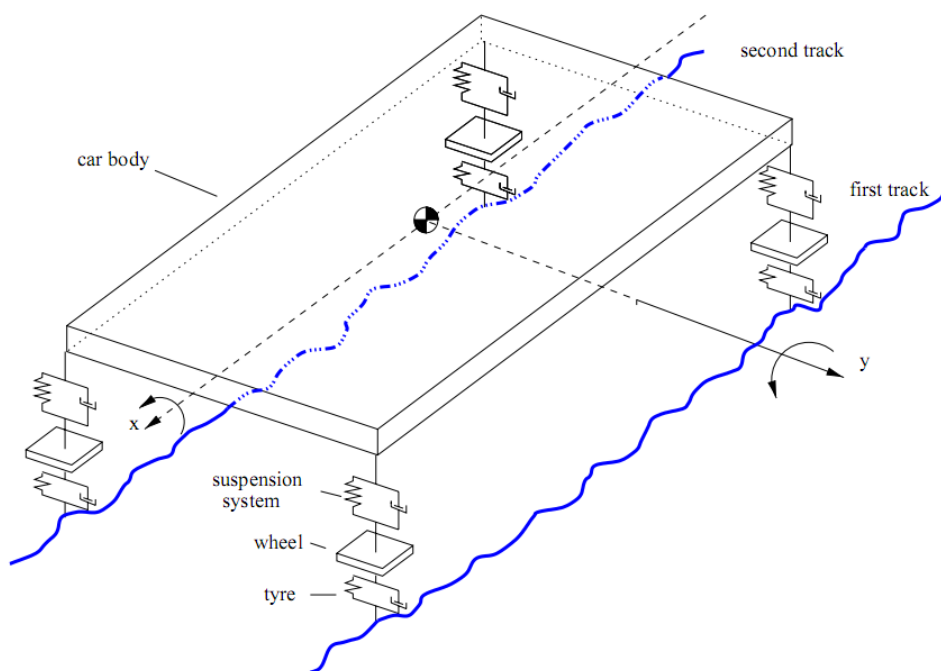
10) различные разработанные методики и алгоритмы точного и приближенного исследования детерминированных и случайных колебаний в нелинейных динамических системах, использующие численно-аналитические расчеты, в том числе более чем тридцатилетний опыт применения компьютерной алгебры;

11) техника построения пакетов прикладных программ, основанная на использовании математического обеспечения компьютеров различного назначения (системы аналитических вычислений, языки программирования для численных расчетов, системы управления базами данных, графический редактор математических текстов).

В рамках проводящихся исследований разработанные ранее теоретический аппарат и алгоритмы будут развиваться в следующих направлениях:

1) разработка теоретического аппарата анализа случайных явлений в линейных и нелинейных стохастических динамических системах с различными формами запаздывания и, в частности, смешанными, включая вывод уравнений Фоккера-Планка-Колмогорова для плотностей вероятностей расширенных фазовых векторов, моментных уравнений;

2) построение соответствующих численно-аналитических алгоритмов расчетов (на основе применения пакетов компьютерной алгебры Mathematica и Maple) и, в том числе, процедур замыкания бесконечных систем обыкновенных дифференциальных уравнений для моментов случайных векторов – решений рассматриваемых СДУ;



Графическая модель пространственного движения автомобиля по неровной дороге

3) перенос разработанного аппарата анализа стохастических дифференциальных уравнений с обыкновенными производными и последствием на случайные режимы в динамических системах с непрерывными возмущениями на входе, которые описываются стохастическими дифференциальными уравнениями (СДУ) в частных производных с постоянными запаздываниями и стохастическими интегро-дифференциальными уравнениями; на создание различных схем вывода моментных уравнений для неизвестных случайных полей, схем, основанных на разложениях искоемых характеристик в функциональные ряды и построении бесконечных систем обыкновенных (стохастических) дифференциальных уравнений для коэффициентов этих рядов;

4) решение задач построения теоретического аппарата и алгоритмов анализа случайных режимов в стохастических динамических системах с последствием и смешанными возмущениями на входе и создания различных схем вывода моментных уравнений для неизвестных случайных фазовых векторов;

5) анализ чувствительности стохастических систем с запаздываниями к изменению детерминированных параметров;

6) повышение степени автоматизации

процессов моделирования на основе сочетания численно-аналитических программных модулей, создаваемых с помощью математического обеспечения различных классов (для численных расчетов, символьных выкладок, создания и использования баз данных);

7) построение алгоритмов и программного обеспечения численного интегрирования больших систем стохастических дифференциальных уравнений методом статистического моделирования (Монте-Карло) на основе применения параллельных вычислений и компьютерной алгебры.

Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач в предыдущих исследованиях определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Маланин В.В., Полосков И.Е. Методы и практика анализа случайных процессов в динамических системах: Учеб. пособие. – Ижевск: РХД, 2005. – 296 с.

Полосков И.Е. Движение транспортного средства по дороге со случайным профилем с учетом запаздывания // Математическое моделирование. – 2005. – Т.17, № 3. – С.3-14.

Полосков И.Е. Компьютерное моделирование динамики загрязнения бассейна реки с учетом запаздывания и случайных факторов // Вычислительные технологии. –

2005. – Т.10, № 1. – С.103-115.

Полосков И.Е. Об одном методе приближенного анализа линейных стохастических интегро-дифференциальных систем // Дифференциальные уравнения. – 2005. – Т.41, № 9. – С.1276-1279.

Poloskov I.E. Symbolic-numeric algorithms for analysis of stochastic systems with different forms of aftereffect // Proc. in Applied Mathematics and Mechanics (PAMM). – 2007. – Vol.7, № 1. – P.2080011-2080012.

Маланин В.В., Полосков И.Е. Численно-аналитические схемы анализа детерминированных систем с последействием // Вестник РУДН. Серия "Математика. Информатика. Физика". – 2010. – № 2, вып. 2. – С.31-36.

Malanin V.V., Poloskov I.E. About some schemes of study for systems with different forms of time aftereffect // Proc. of the IUTAM Symposium on Nonlinear Stochastic Dynamics and Control (Hangzhou, China): [IUTAM Bookseries](#), Vol. 29. – Dordrecht: Springer, 2011. – P.55-64.

Ранние разработки полностью готовы к применению. Коллективом ведутся работы по модернизации ранних разработок, созданию новых перспективных модификаций.

В университете создана вся необходимая инфраструктура для реализации разработки.

Разработка выполнена на уровне лучших отечественных и мировых аналогов.

Потенциальные пользователи разработки – специалисты в области процессов управления, механики, прикладной математики; конструкторские бюро машиностроения.

Управление динамическими объектами в условиях многостороннего конфликта.

Разработка создана в период 2000-2010гг. на кафедре процессов управления и информационной безопасности (ранее: кафедра механики и процессов управления). Автор С.В. Лутманов.

Математической моделью конфликтно управляемого динамического объекта служит неантагонистическая дифференциаль-

ная игра нескольких лиц.

Динамика игры описывается обыкновенным векторным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = f(t, x, u_1, \dots, u_k),$$

где $t \in [t_0, T] \subset R^1$ – текущее время, $x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$ – фазовый вектор объекта, $u_i \in P_i \subset R^{n_i}$ – вектор управляющих параметров i -го игрока, $f: R^{1+n+n_1+\dots+n_k} \rightarrow R^n$ – вектор-функция, описывающая как внутреннее устройство объекта, так и воздействие различных внешних факторов.

Плата i -го игрока определяется формулой

$$I_i = \sigma_i(x(T)),$$

где $\sigma_i: R^n \rightarrow R^1, i \in K$ – некоторая заданная непрерывная функция, $x(\cdot)$ – реализация во времени фазового вектора объекта, а T – момент окончания игры.

Неформальная цель игрока состоит в минимизации своей платы.

Такие модели возникают при описании динамических задач управления технологическими и механическими системами, когда управление осуществляется с разных участков (пультов), координируемых по оптимизации различных показателей. Они появляются также при исследовании динамических задач экономики, в которых интересы многих участников – субъектов управления, влияющих на эволюцию экономической системы, не совпадают и в то же время не являются строго противоположными. Существенно при этом, что каждый участник имеет собственный ресурс управления.

Содержательно основная задача состоит в выработке способа управления, приемлемого для всех сторон, участвующих в управлении. Этот способ определяется тем, какой принцип оптимальности положен в основу. Автор вводит и последовательно развивает оригинальный принцип «компромисса». Его формулировка для игры в нормальной форме

$$(K, \{\{U_i\} | i \in K\}, \{I_i | i \in K\}),$$

где $K = \{1, \dots, k\}$ – множество номеров игро-

ков, $\{U_i\}$ – множество всех стратегий, а $I_i: \{U_1\} \times \dots \times \{U_k\} \rightarrow R^1$ – функция платы i -го ($i \in K$) игрока, имеет вид.

Пусть

$$S_* = (S_{1*}, \dots, S_{k*}), S^* = (S_1^*, \dots, S_k^*), S_*, S^* \in R^k, S_* \leq S^*$$

Будем говорить, что ситуация

$$S_{i*} \leq \min_{U_i \in \{U_i\}} I_i(U_1^{комп}, \dots, U_{i-1}^{комп}, U_i, U_{i+1}^{комп}, \dots, U_k^{комп}) \leq I_i(U_1^{комп}, \dots, U_{i-1}^{комп}, U_i^{комп}, U_{i+1}^{комп}, \dots, U_k^{комп}) \leq S_i^*, \quad \forall i \in K.$$

Из приведенного определения следует, что для компромиссного набора стратегий, значение платы i -го игрока лежит в промежутке $[S_{i*}, S_i^*]$, $i \in K$, и никакое единоличное отклонение игрока от стратегии, предписываемой компромиссным набором, не позволяет ему получить значение платы «лучше» (меньше) нижней компромиссной оценки.

Принцип «компромисса» обобщает равновесие по Нэшу в том смысле, что при

$$I_i(U_1^{комп}, \dots, U_{i-1}^{комп}, U_i^{комп}, U_{i+1}^{комп}, \dots, U_k^{комп}) < I_i(U_1^0, \dots, U_{i-1}^0, U_i^0, U_{i+1}^0, \dots, U_k^0) \quad \forall i \in K,$$

где $U_1^0, \dots, U_{i-1}^0, U_i^0, U_{i+1}^0, \dots, U_k^0$ – набор равновесных по Нэшу стратегий.

Для некоторых классов дифференциальных игр автору удалось осуществить построение компромиссных наборов стратегий игроков.

Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач в предыдущих исследованиях определяется публикациями автора разработки, в том числе:

Лутманов С.В. Компромиссное управление в одной нелинейной дифференциальной игре нескольких лиц // Труды Международн. семинара «Теория управления и теория обобщенных решений уравнений Гамильтона – Якоби». – Екатеринбург, 2006. – Т. 1. – С. 251-257.

Лутманов С.В. Математические модели оптимального поведения в конфликтных ситуациях со многими участниками // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. – Пермь, 2007. – Вып. 39. – С. 57-70.

Лутманов С.В. Об одной дифференци-

$$W^{ком} = (U_1^{комп}, \dots, U_{i-1}^{комп}, U_i^{комп}, U_{i+1}^{комп}, \dots, U_k^{комп}) \in \{W\}$$

является компромиссной по отношению к векторам S_*, S^* , если для всех $i \in K$ справедливы неравенства

$S_* = S^*$ определение компромиссного набора стратегий переходит в определение равновесия по Нэшу. Компромиссный набор стратегий сохраняет свойство устойчивости по отношению к игроку уклонисту. При этом существуют компромиссные наборы стратегий, для которых результат игры каждого игрока будет «лучше» (меньше), чем при равновесии по Нэшу, т.е. выполняется неравенство

альной игре нескольких лиц в классе позиционных стратегий // Вестник Удмуртского университета. Сер. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2008. – Вып. 2. – С. 81-82.

Лутманов С.В. Сравнительный анализ принципов равновесия и компромисса в играх нескольких лиц «в перемещениях» // Вестник Пермского ун-та. Математика. Механика. Информатика. – 2010. – Вып.2 (2). – С.46-54.

Разработка практически готова к применению.

На кафедре создана вся необходимая инфраструктура для реализации разработки.

Разработка соответствует лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

Потенциальными пользователями разработки являются специалисты в области процессов управления, механики, прикладной математики; конструкторские бюро машиностроения; разработчи-

ки перспективных планов экономического развития как отраслей и регионов, так и отдельных предприятий.

Оптимальное управление ориентацией, перемещением и стыковкой твердых тел.

Разработка создана в период 2000-2010гг. на кафедре процессов управления и информационной безопасности (ранее: кафедре механики и процессов управления). Авторы В.В. Маланин, Н.А. Стрелкова.

Настоящая разработка направлена на решение фундаментальной проблемы исследования пространственных движений, оптимального управления перемещением, ориентацией и стыковкой твердых тел. Рассмотрение данной проблемы имеет важное значение как для теоретических исследований в области процессов управления, динамики твердого тела и прикладной математики, так и для инженерных расчетов при управлении пространственным движением систем и механизмов, при исследовании условий оптимального разворота, стыковки твердых тел и космических аппаратов, при управлении манипуляционными роботами.

В процессе исследований рассмотрены задачи оптимальной по быстродействию кинематической (трехосной и одноосной) ориентации твердого тела, уравнения движения которого задаются в параметрах Родрига–Гамильтона и направляющих косинусов. Полученные результаты обобщены на случай оптимального по быстродействию кинематического управления пространственным перемещением твердого тела.

Разработана методика решения задачи оптимального по быстродействию синтеза управления переориентацией симметричного твердого тела в инерциальной системе координат при условии, что управляющие моменты ограничены по величине. Для класса начальных ненулевых скоростей в цилиндрическом фазовом пространстве исследована задача ориентации твердого тела с одновременным гашением угловой скорости.

Для несимметричных твердых тел на

основе принципа максимума Л.С. Понтрягина построена схема определения квазиоптимальных режимов. Разработанные методы применены также для решения задачи синтеза управления одноосной переориентацией несимметричного твердого тела.

Исследована задача оптимального по быстродействию синтеза управления одноосной переориентацией осесимметричного твердого тела в инерциальной системе координат, когда твердое тело находится под действием сил тяжести, сопротивления среды и управления.

Разработана методика решения задачи синтеза оптимального по быстродействию управления трехосной переориентацией симметричного твердого тела в сопротивляющейся среде. Показана возможность редукации задачи переориентации твердого тела к известной задаче синтеза оптимального по быстродействию управления для нелинейной системы второго порядка.

В аналитическом виде решена задача оптимального по быстродействию кинематического управления сближением (стыковкой) двух твердых тел при условии, что угловая и поступательная скорости для каждого из твердых тел ограничены по модулю. Проведено обобщение на случай оптимального управления сближением твердых тел во вращающейся системе координат, что представляет интерес при исследовании оптимальных условий стыковки космических аппаратов.

Исследованы линейные модели, описывающие оптимальное по быстродействию управление поступательным перемещением твердых тел. Показано, что даже в простейшем случае, когда отсутствуют внешние воздействия, решение краевой задачи принципа максимума Л.С. Понтрягина в аналитическом виде может быть получено лишь для частных значений начальных координат и скоростей центра масс твердых тел. Для построения решения в общем случае применен метод Р.Ф. Габасова–Ф.М. Кирилловой, в котором время быстродействия и граничные условия для сопряженных переменных

определяются из решения конечномерной задачи максимизации вогнутой функции.

Рассмотрена задача Дарбу определения углового положения твердого тела в пространстве по его известной угловой скорости и начальному положению, приведен новый способ вывода дифференциального комплексного уравнения Дарбу–Риккати, представлены различные, удобные для практического использования, формы записи решения кинематических уравнений движения твердого тела в параметрах Кэли–Клейна через частное решение уравнения Дарбу–Риккати. Показано, что данный подход позволяет упростить исследование вращательного движения симметричного твердого тела.

Для построения моделей пространственного движения твердых тел и решения задач оптимального управления используются кватернионные и бикватернионные методы. Реализация разработанных алгоритмов осуществляется в среде пакетов компьютерной алгебры.

Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Маланин В.В., Стрелкова Н.А. Оптимальное управление ориентацией и винтовым движением твердого тела. – Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 204 с.

Стрелкова Н.А. Применение параметров Кэли–Клейна к исследованию оптимального по быстродействию кинематического управления сближением твердых тел // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. – Пермь, 2005. – С.157–168.

Стрелкова Н.А. Оптимальная переориентация сферически-симметричного твердого тела в сопротивляющейся среде // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. – Пермь, 2006. – С.167–180.

Стрелкова Н.А. О задаче Дарбу // Пятые Поляховские чтения: Избранные труды Международной научной конференции по механике. – СПб: Отдел оперативной полиграфии НИИХ СПбГУ, 2009. – С.125–129.

Стрелкова Н.А. Об одной задаче о

встрече двух управляемых объектов // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. – Пермь, 2010. – С.126–143.

Разработка полностью готова к применению.

На кафедре создана вся инфраструктура для реализации разработки.

Разработка соответствует уровню лучших мировых аналогов.

Потенциальными пользователями разработки являются студенты, аспиранты, преподаватели, научные сотрудники и инженеры – специалисты в области процессов управления, теоретической и прикладной механики, прикладной математики, приборостроения, робототехники, машиностроения.

Анизотропные космологические модели с темной энергией и темной материей.

Модели создавались в период 1991–2011 гг. на кафедре высшей математики и кафедре алгебры и геометрии Пермского государственного университета. Авторы В.Ф. Панов, В.Н. Павелкин, Е.В. Кувшинова, О.В. Сандакова (Пермская группа гравитационистов).

Цели работы: описание возможной анизотропии Вселенной и состава материи: темной энергии, темной материи, скалярного поля и т.д.; объяснение анизотропии и ускоренного расширения Вселенной, а также анизотропии реликтового излучения; решение проблемы квантового рождения анизотропной Вселенной.

Фундаментальной задачей направления проекта является исследование анизотропной космологии и состава материи Вселенной. Решение этой задачи осуществляется в ходе шести этапов:

1) построение в рамках ОТО или теории Эйнштейна–Картана новых анизотропных моделей Вселенной, заполненных темной энергией и темной материей;

2) исследование спонтанного нарушения калибровочной симметрии для скалярного поля в анизотропной космологии;

3) исследование характера анизотропии реликтового электромагнитного излучения в анизотропной космологии;

4) построение решения, описывающего кротовую нору в анизотропной вселенной;

5) исследование модели квантового рождения вселенных, характеризуемых сдвигом, вращением, с кручением или без кручения;

6) исследование анизотропных космологических моделей в рамках петлевой гравитации.

Авторское право на методики, алгоритмы и результаты решения задач в предыдущих исследованиях определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

Кувшинова Е.В., Панов В.Ф. Квантовое рождение вращающейся модели Вселенной типа IX по Бьянки // Известия вузов. Физика. – 2005. – № 6. – С. 71-75.

Panov V.F., Kuvshinova E.V., Sandakova O.V. Quantum birth of rotating Universe // Gravitation and cosmology. – 2006. – Vol.12, № 4(48). – P. 1-4.

Павелкин В.Н., Панов В.Ф. Космологические модели типа IX по Бьянки с вращающейся анизотропной жидкостью // Известия вузов. Физика. – 2008. – № 7. – С. 77-79.

Павелкин В.Н., Панов В.Ф., Сандакова О.В. Космологические модели с вращением // Известия вузов. Физика. – 2008. – № 8. – С. 33-37.

Ранние разработки полностью готовы к применению. Коллективом ведутся работы по модернизации ранних разработок, созданию новых перспективных модификаций.

Создана вся необходимая инфраструктура для реализации разработок.

По основным характеристикам разработки сравнимы с лучшими отечественными и зарубежными аналогами.

Потенциальными пользователями разработки являются специалисты в области космологии, теории гравитации, теории поля.

II.5. Направление научной деятельности

«Исследование ориентационных и структурных неустойчивостей и переходов в мягких конденсированных средах»

Кафедра физики фазовых переходов является базовой кафедрой реализации данного научного направления.

В последние годы наблюдается большой интерес к исследованию суспензий магнитных наночастиц в изотропных и анизотропных средах. Их ориентационная и магнитная структура и физические свойства качественно отличаются от свойств индивидуальных компонент. Наличие в составе несущей среды структурных единиц, соизмеримых по размерам с диаметром частиц дисперсной магнитной фазы (~10 нм), делает изучение этих сред интересным и многообещающим с точки зрения нанотехнологий. Для фундаментальной науки магнитные наносуспензии представляют интерес как среды со сложно организованной неоднозначной связью векторного магнитного и тензорного параметров порядка, приводящей к многообразию неустойчивостей, фазовых переходов, над-

критическим структурам и т.п. С практической точки зрения исследования могут найти применение при создании энерго-сберегающих устройств отображения информации.

В настоящее время основные направления исследования связаны с теоретическим и экспериментальным изучением и численным моделированием структурообразования и ориентационных переходов в коллоидах магнитных наночастиц, на изотропных и анизотропных (жидкокристаллических) матрицах.

За последние 5 лет по тематике проекта защищены 5 кандидатских диссертаций. В настоящее время обучаются в аспирантуре 8 аспирантов. Коллективом сектора опубликовано в центральных и зарубежных изданиях свыше 90 работ.

Материальная база включает лаборатории кафедры физики фазовых переходов

дов университета и лабораторию динамики дисперсных систем Института механики сплошных сред УрО РАН.

Все лаборатории оснащены современным оборудованием, приборами, компьютерной техникой в количестве более 40 единиц. Оборудование структурировано по научным лабораториям, работающим в рамках проблематики направления.

Разработаны и модернизируются следующие многоцелевые научно-исследовательские и учебные комплексы:

1. *Теплофизический комплекс*, состоящий из экспериментальных установок, позволяющих исследовать фазовые переходы 1-го рода и измерять теплоемкость вещества и теплоту перехода из одной фазы вещества в другую.

2. *Электрофизический комплекс*, состоящий из экспериментальных установок, позволяющих исследовать фазовые переходы 2-го рода и измерять магнитные и диэлектрические свойства вещества, в том числе сред с особыми свойствами, таких как жидкие кристаллы и магнитные жидкости.

3. *Оптический комплекс*, состоящий из экспериментальных установок, позволяющих исследовать фазовые переходы 1-го и 2-го рода и измерять показатели преломления и количественные характеристики двойного лучепреломления веществ, в том числе с особыми свойствами, таких как жидкие кристаллы и магнитные жидкости.

4. *Реологический комплекс*, состоящий из экспериментальных установок, позволяющих исследовать вязкость и реологические характеристики вещества, в том числе с особыми свойствами, таких как жидкие кристаллы и магнитные жидкости.

5. *Вычислительный комплекс*, состоящий из компьютерного класса на 12 рабочих мест, оборудованный рабочими станциями типа Pentium-4.

Каждый из этих комплексов является самостоятельной структурной единицей, способной решать свой круг задач, интерес к которым не ограничивается только коллоидами магнитных наночастиц, но может быть с успехом применен к другим темам и задачам, решаемым другими структурными подразделениями университета и сторонними организациями.



В 2010 году в рамках Программы развития национального исследовательского университета удалось существенно модернизировать реологический комплекс сектора. Для этого комплекса был приобретен модульный реометр исследовательского класса Physica MCR-501 производства швейцарской фирмы Anton Paar.

Реометры типа Physica MCR основаны на концепциях самых передовых технологий. Технология полностью синхронного привода (EC motor technique), подшипники низкого трения и запатентованный датчик нормального усилия были оптимизированы за прошедшее время для удовлетворения самых строгих требований реологов. С реометрами Physica MCR возможны любые типы и комбинации реологических тестов, в ротационном и осцилляционном режимах. Модульность системы позволяет объединить широкий диапазон систем контроля температуры и специальные модули.

Реометр способен выполнять широкий диапазон постоянных и динамических тестов как в режиме контролируемого напряжения (CSS), так и в режиме контроля скорости сдвига (CSR). Начиная от простых кривых течения и заканчивая динамическими анализами сложных жидкостей, расплавов и сополимеров. Все реометры Physica MCR очень просты в работе и управлении.

Одной из уникальных особенностей нового программного обеспечения RheoPlus является возможность комбинации и связывания различных типов тестов

в один эксперимент для моделирования условий производства и использования конечным пользователем.

Основные области применения базового блока реометра Physica MCR 501:

- химическая индустрия;
- образование, исследование;
- электроника;
- охрана окружающей среды;
- пищевая индустрия;
- наука о материалах;
- минералы, породы, сырьё;
- бумага, текстиль;
- нефтяная индустрия;
- фармацевтика, медицина / биотехнология.

Дополнительные ячейки и системы к реометру Physica MCR 501:

Магнито-реология (реология в магнитном поле)

Магнито-реологическая приставка (MRD) используется для исследования влияния магнитного поля на магнито-реологические жидкости (MRF). Накладываемое магнитное поле с индукцией до 1 Теслы контролируется через программу RheoPlus и может быть настроено в соответствии с требованиями экспериментатора. Датчики Холла и температуры дополнительно позволяют проводить онлайн измерения текущего значения плотности магнитного потока и температуры. Для измерений с большими значениями сдвига можно использовать систему TwinGap.



Особенности и преимущества модуля:

- реологические измерения одновременно с наложением магнитного поля;

- максимальная плотность магнитного потока: 1.4 Тесла;

- жидкостной контроль температуры: температурный диапазон от -20 до 70 °C ;

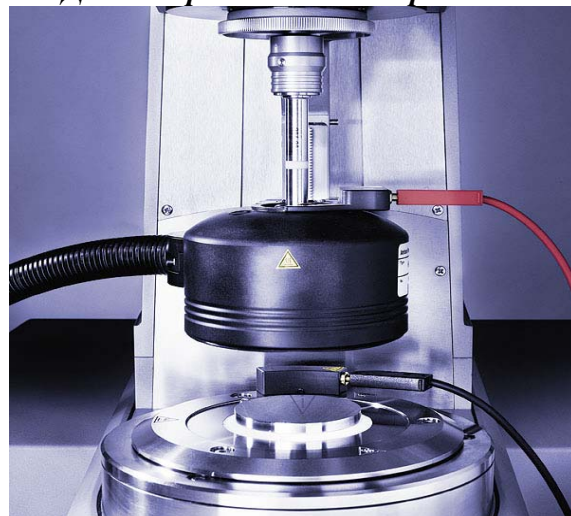
- онлайн измерение плотности магнитного потока и температуры;

- измерительная система: плита/плита и цилиндр-цилиндр с двойным зазором;

- отображение реологических данных, плотности магнитного потока и температуры;

- автоматический процесс размагничивания после измерения.

Диэлектрическая спектроскопия



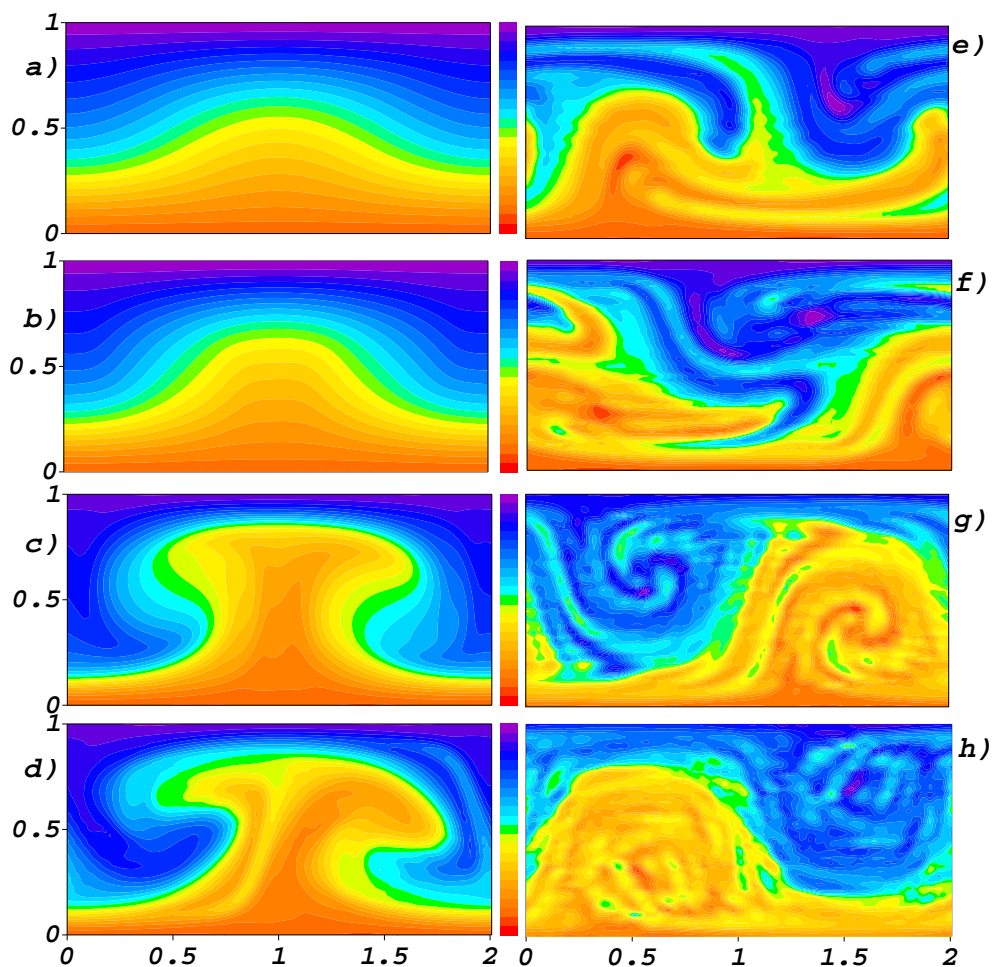
Диэлектро-реологическая приставка (DRD) позволяет комбинировать реологические измерения и диэлектрическую спектроскопию. Это позволяет исследовать влияние механической деформации на проводимость, электрическую ёмкость и диэлектрическую проницаемость образца. Диэлектро-реологическая приставка расширяет возможности реометра за обычные пределы, с её помощью можно детектировать структурные изменения в термоотверждённом материале, хотя в реологических свойствах материала уже не наблюдаются какие-либо изменения. Процесс измерения, контролируемый через программное обеспечение реометра, используется для определения реакции образца на переменное электрическое поле.

Особенности и преимущества модуля:

- температурные диапазоны: Пельтье: от -40 °C до + 200 °C.

Электрический нагрев: от комнатной температуры до +300 °С

Нагреваемый кожух предотвращает появление температурных градиентов в образце.



Результат эволюции поля концентрации коллоидной смеси на начальном этапе.
Красным отмечены области с наибольшей концентрацией коллоида

II.6. Направление научной деятельности «Структура и физические свойства твердых тел»

Разработка технологии производства интегрально-оптических схем на ниобате лития для волоконно-оптических гироскопов и систем мониторинга электрического поля и биопотенциалов.

Разработка создается с 2010г. Планируемый период создания разработки 2010 – 2012 гг.

В разработке участвуют коллективы кафедр физики твёрдого тела и физической химии университета.

Научный руководитель профессор Волынцев А.Б.

Разработка выполняется университетом совместно с ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ОАО ПНППК) в рамках комплексного проекта по постановлению правительства РФ от 9 ап-

реля 2010 года № 218 (договор № 13.G25.31.0004 от 25 сентября 2010 года с Министерством Образования и науки России). Общий объем финансирования по проекту 240 млн. руб.: размер субсидии предоставляемой правительством РФ – 120 млн. руб., участие ОАО ПНППК собственными средствами – 120 млн. руб. В ходе выполнения комплексного проекта должны быть разработаны интегрально-оптические системы (ИОС) следующего назначения:

- ИОС для волоконно-оптических гироскопов навигационного класса точности;
- ИОС для лазерных измерителей дальности и телекоммуникационных применений;
- ИОС для измерения электрического поля;
- ИОС для измерения магнитного поля;
- ИОС для медицинской диагностической аппаратуры: приборы для снятия электрокардиограммы и электроэнцефалограммы человека.

Должен быть разработан технологический процесс изготовления ИОС на ниобате лития. К концу 2012 года будет организовано промышленное производство 6 моделей ИОС в ОАО ПНППК, реализующее вновь разработанный технологический процесс изготовления ИОС на ниобате лития

По теме разработки имеется 2 патента, в которых патентообладателем является ОАО ПНППК, позволяющих осуществлять производство интегрально-оптических схем. Другие патенты, имеющие отношение к производству ИОС или прекратили действие, или не налагают ограничение на технологический процесс по выбранной ОАО ПНППК и ПГУ технологии. Указанные обстоятельства обеспечивают патентную чистоту совместных разработок университета и ОАО ПНППК, выполняемых по комплексному проекту.

Созданы опытные образцы 6-ти разрабатываемых интегрально-оптических схем. Технологический процесс их серийного производства находится в стадии отладки.

Потенциальными пользователями разработки являются производители военной и гражданской авиатехники, ракетных и космических систем, военного и гражданского

судостроения, артиллерийских систем и медицинской техники.

Основу инфраструктуры, необходимой для реализации комплексного проекта, выполняемого университетом и ОАО ПНППК, составляет научно-образовательный центр университета «Интегральная оптика и нанотехнологии», а также основной партнер – соисполнитель НИОКР – «Учебно-научный центр ООО «Воланд» при Пермском государственном университете».

Элементы научно-производственной инфраструктуры комплексного проекта на территории ОАО ПНППК



Шахта установки для вытяжки оптоволокна



Оборудование для производства элементов интегральной оптики

В проекте участвует творческий коллектив, насчитывающий около 40 сотрудников университета, ОАО ПНППК, академических научных учреждений УрО РАН. В настоящий момент для реализации проекта закуплено уникальное научно-исследовательское и опытно-промышленное оборудование. В ОАО ПНППК созданы чистые зоны для размещения этого оборудования и организации технологического процесса (рис.).

Научно-технический уровень разработки превосходит лучшие отечественные аналоги и соответствует лучшим мировым образцам.

Возобновляемые источники энергии на основе обратимого хранения водорода в наноструктурированных сплавах.

Разработка создается с 2007г. сотрудниками кафедр физики твердого тела (физический факультет) и физической химии (химический факультет) университета совместно с CNRS, Grenoble, France.

Руководитель проекта Скрябина Н.Е.

При переходе к экологически чистым источникам энергии водород представляется одним из перспективных элементов для получения и хранения энергии. При сгорании водорода образуется тепло (энергия) и вода, отсутствует загрязнение атмосферы. К настоящему времени на базе теоретических и экспериментальных исследований разработан и создан пилотный проект резервуара (McPhy, Франция), в основе рабочего элемента которого используются сплавы на основе наноструктурированного магния. Выбор магния в качестве ключевого элемента обусловлен требованиями международных агентств по водородной энергетике, а также Американского департамента энергетике, согласно которым содержание водорода в рабочем элементе должно быть не менее 7%вес. Этим требованиям вполне удовлетворяют сплавы, содержащие в большом количестве магний. Другим возможным кандидатом на эту роль может стать титан и сплавы на его основе.

Данная разработка посвящена созданию новых материалов для хранения водорода в легких металлических гидридах, а именно в гидридах на основе магния или титана,

имеющих составы, очень богатые магнием (титаном).

Наличие природных ресурсов и развитой добывающей отрасли в Пермском крае, а также существующие предприятия по переработке магния и титана делают возможным создание в регионе производства по изготовлению элементов конструкций для хранения водорода. Открытие нового предприятия позволит создать рабочие места, внедрить инновационные технологии в производство одновременно по нескольким критическим технологиям: «Водородная энергетика», «Технологии новых и возобновляемых источников энергии», «Нанотехнологии и технологии создания наноматериалов».

Уже сегодня продукция подобного рода востребована в экономически развитых европейских странах.

В результате исследований будет получен возобновляемый источник энергии для автономных или удаленных пользователей, а также «запасенное» хранение энергии между пиковыми этапами ее потребления.

Химические гидриды легких элементов могут быть с успехом использованы для:

- стационарного хранения энергии в большом объеме, произведенной на атомных электростанциях, солнечными батареями, на приливных и ветряных энергоустановках, там, где имеются суточные или сезонные колебания по мощности производимой энергии;

- автономного резервного хранения для отложенного потребления (зоны катастроф и стихийных бедствий, военных действий) или удаленного потребителя (вахтовые, труднодоступные потребители);

- мобильного использования (двигатели на водородном топливе);

- микросистемы, когда речь идет об электронном оборудовании.

Правовая защита обеспечена патентом *D. Fruchart, P. de Rango, J. Charbonnier, S. Miraglia, S. Rivoirard, N. Skryabina, M. Jehan, Nanocrystalline*

composite for storage of hydrogen. US 2009/0278086 A1, Nov. 12, 2009 (США).

Авторское право определяется публикациями авторов разработки, в том числе:

J. Charbonnier, P. de Rango, D. Fruchart, S. Miraglia, N. Skryabina, J. Huot, B. Hauback, M. Pitt, S. Rivoirard, Structural analysis of activated $Mg(Nb)H_2$ // *J. Alloys and Compounds* 404-406 (2005) 541-544

P. de Rango, A. Chaise, J. Charbonnier, D. Fruchart, M. Jehan, Ph. Marty, S. Miraglia, S. Rivoirard and N. Skryabina. Nanostructured magnesium hydride for pilot tank development// *Journal of Alloys and Compounds*, V. 446, 2007, p. 52–57.

S. Miraglia, D. Fruchart, N. Skryabina, M. Shelyapina, B. Ouladiaf, E.K. Hlil, P. de Rango, J. Charbonnier, Hydrogen-induced structural transformation in $TiV_{0.8}Cr_{1.2}$ studied by in situ neutron diffraction // *Journal of Alloys and Compounds*, V. 442, 2007, p. 49-54.

M.Y. Siretsky, M. Shelyapina, D. Fruchart, S. Miraglia, N. Skryabina, Influence of a transition metals atom on the geometry and electronic structure of Mg and Mg-H clusters // *Journal of Alloys and Compounds* 480 (2009) 114-116

D.R. Leiva, D. Fruchart, M. Bacia, G. Girard, N. Skryabina, A. C. S. Villela, S. Miraglia, D. S. Santos, W. J. Botta., Mg alloy for hydrogen storage processed by SPD // *International Journal of Materials Research*, 100, 12, (2009) 1739-1747

В настоящее время творческим коллективом обрабатываются уникальные технологии получения структуры сплавов с высокими кинетическими параметрами сорбции/десорбции водорода. Проводится оптимизация композиционного состава сплавов на основе широкого спектра исследований (нейтронная и рентгеновская дифракция,

электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия).

Промышленная инфраструктура отсутствует. В университете существует комплекс исследовательского оборудования для оценки свойств исходного сплава. В стадии разработки находится стенд по получению гидридов легких элементов. Создана и с успехом применяется методика теоретических расчетов склонности сплавов к обратимому хранению водорода. Требуется покупка специализированных программ (мат. обеспечения) для расчета электронной структуры материалов.

В настоящее время нет аналогов технологии или готового продукта, который бы позволил провести сравнение предполагаемых достижений по данному направлению исследований. Существуют опытные (лабораторные) образцы, которые находятся на этапе разработки для промышленного внедрения. Таким образом, конкретная реализация разработок позволит получить новый конкурентно способный продукт: данные по составу и способу обработки материалов на основе магния (титана), склонных к высокому обратимому содержанию водорода. Результаты могут быть предложены для создания нового предприятия в Пермском регионе по получению сплавов с заданными свойствами для нужд водородной энергетики.

Потенциальными пользователями разработки могут стать экономически развитые страны Европы, Соединенные Штаты Америки.

II. 7. Направление научной деятельности

«Изучение гидрологии водохранилищ и охрана водных ресурсов»

Методика оценки параметров стока неизученных рек по связи расходов воды и площади водосборов.

Методика создана в период 2000-2010гг. на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов д.г.н., профессором А.М. Комлевым.

При определении характеристик стока неизученных рек, которых в нашей стране большинство, применяются локальные эмпирические зависимости с использованием информации по исследуемым рекам-аналогам. Вместо рекомендуемых официальными нормативами связей модулей стока рек (л/с км²) с площадью их

водосборов предложена связь «расход воды (m^3/c) – площадь». Применение этого вида связей позволило показать физическую необоснованность метода оценки годового стока рек аридной зоны, неправомерность многократного завышения площадей водосборов, годовой и минимальный сток с которых нормативами рекомендуется считать азональным и что самое главное, доказать несостоятельность теории редукции модулей максимального стока по площади. Последнее позволило впервые применить картографирование этих модулей в пределах равнины и использовать их связи со средней высотой водосбора в горах. Анализ этих связей выявил и новые закономерности пространственного распределения максимального стока. Всё это позволяет, в конечном итоге проще и надёжнее определять, как средний годовой сток, так и его экстремальные значения.

Теоретическое обоснование методики, и результаты её применения для равнинных рек (Тюменская область) приведены в авторской монографии, опубликованной на средства РФФИ. В последующих публикациях изложены результаты проверки методики по данным о стоке горных рек северо-западного Кавказа (р.Кубань и Черноморское побережье). Методика адресована проектным институтам для инженерно-геологического обоснования проектов сооружений на берегах рек, а также переходов через реки различных коммуникаций. Сведения о практическом применении методики, как альтернативной, имеются пока только по Тюменской области. Оценка экономической эффективности методики требует дополнительного времени.

Оформление методики в виде дополнений к официальным нормативам, требует подтверждения полученных зависимостей материалами последних лет.

Результаты теоретического обоснования и практической проверки методики опубликованы в следующих работах автора:

Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока // Пермь, изд-во ПГУ, 2002 – 163 с.

Комлев А.М. Альтернативные подходы к оценке статистических параметров стока неизученных рек //6 Всерос. гидрол. съезд. Доклады. Секция 5, часть 2. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006 с.171-174

Комлев А.М., Мельникова Т.Н. Водный режим рек Северо-Западного Кавказа // ПГУ – Пермь, 2008 -112 с.

Комлев А.М. Влияние высоты водосбора на пространственную изменчивость максимального стока рек // География и природные ресурсы, 2008 №2 С. 174-177

Комлев А.М., Мельникова Т.Н. Максимальный дождевой сток рек Северо-Западного Кавказа // Изв. РАН, сер. Геогр., 2009 №1, с. 118-120

Теоретические обоснования методики и ее широкая проверка завершены. Научный уровень разработки соответствует отечественным аналогам.

Дальнейшая реализация методики заключается в составлении проекта дополнений к официальным Нормативным документам с приведением теоретического обоснования и примеров практической реализации.

Потенциальные пользователи: проектные институты, дающие инженерно-гидрологическое обоснование для водохозяйственных мероприятий и строительства, связанного с реками (например, институт «Гипроводхоз»). Ряд предварительных проработок по рекам Пермского края уже выполнен.

Метод расчёта водного баланса для долинного водохранилища.

Метод создан в 1985г. на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного университета. Автор разработки Девяткова Т.П.

Разработка метода расчёта водного баланса для долинного водохранилища по участкам на основе применения гидродинамического метода мгновенных режимов для расчёта не установившегося движения потока, позволила определять величины расхода транзитного течения. Расчёт выполняется с интервалом 1 ме-

сяц, что обусловлено имеющейся в ГМЦ информацией. Этот метод позволяет рассчитывать среднемесячные скорости транзитного течения на водохранилище, что имеет существенное значение, поскольку скорости проточного течения на водохранилище измерить обычным гидрометеорологическим способом не возможно. Расчёт скоростей необходим для определения особенности проточности и водообмена на участках водохранилищ. Это, в свою очередь, позволило определять величину скоростей суммарных течений с учётом влияния ветра. На основе рассчитанного водного баланса появилась возможность расчёта всех других видов баланса. Этот метод с использованием уже имеющихся моделей планов течения позволяет анализировать распределение скоростей течения в любом районе водохранилища, что в свою очередь даёт возможность оценивать особенности переноса тепла, наносов и пр.

Правовая защита определена авторским правом. Описание метода приведено в публикациях:

Подход к изучению риска на водохранилищах//Современные проблемы исследований водохранилищ – Пермь, 2005. С. 47-53.

Водный баланс водохранилища и его частей//Условия возникновения гидрологического риска на водных объектах Пермской области. – Пермь, Перм.ун-т, 2005. Ч.1. С. 77-86.

Оценка проточности в водохранилищах Камского каскада//Современные географические исследования. - Пермь, Перм. ун-т, 2006. С.166-171.

Методика исследования баланса химических веществ морфометрических участков водохранилища//Условия возникновения гидрологического риска на водных объектах Пермского края. – Пермь, Перм. Ун-т., 2006. Ч.2. С.146-157.

Гидрологический режим рек и водохранилищ как основной системообразующий фактор русловых и геодинамических процессов // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий/Материалы Всероссийской научно-практ. Конф. – Пермь, 2008. С.62-69.

Метод полностью разработан и используется не только на Камских водохранилищах, но и на других (Новосибирском, Рыбинском)

Научный уровень разработки соответствует отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – служба эксплуатации водохранилищ, министерство природных ресурсов Пермского края, Камское бассейновое водное управление, а также все организации, связанные с проектными работами, требующими прогноза гидродинамических характеристик водохранилищ.

Методические приемы расчета и прогноза параметров ветрового волнения на водохранилищах.

Разработка создана в 1982г. в Лаборатории комплексных исследований водохранилищ Естественнонаучного института. Автор разработки Двинских С.А.

Специфика процесса волнения на водохранилищах (по сравнению с морями), заключается в том, что на его развитие сильное влияние оказывают местные особенности водоема: морфометрия и морфология. Сказывается также непостоянство уровня режима в безледный период, определяемое характером регулирования стока. Сложная конфигурация водохранилищ и изрезанность береговой линии способствует возникновению различных систем волн, накладывающихся друг на друга, что определяет преимущественно трехмерный характер волнения. Относительно небольшие размеры акватории и объемов водных масс создают условия для быстрого развития и затухания ветровых волн. Процесс волнения неодинаков в разных частях водоемов и особенно сильно различается в глубоководной и мелководной зонах. Одним из основных вопросов, возникающих при изучении волнения – вопрос о количественном влиянии определяющих факторов на рост и развитие волн. Нами впервые для водохранилищ установлены границы влияния длины разгона и продолжительности действия ветра на развитие ветрового волнения, которые были учтены при

разработке метода расчета высоты волны, включающего длину разгона волн, продолжительность и скорость ветра. Предложенный метод положен в основу номограммы для расчета высот волн в глубоководной зоне водохранилища. Проверка на фактических данных (наблюдения за параметрами волн на Камском водохранилище) показала достаточно высокую оправдываемость метода: 80 – 100%.

Одним из важных вопросов теории волнения является обоснование поведения и расчет волн в условиях мелководий. Без решения этой задачи на водохранилищах невозможно планировать и осуществлять многие мероприятия, связанные с использованием мелководий и прибрежных акваторий в хозяйственных целях. Наши исследования на Висимском мелководье Камского водохранилища показали, что при расчете параметров волн необходимо учитывать форму береговой черты, положения мелководий в плане, характеристики мелководий (для открытых мелководий - литологический состав и уклон), а о стадии развития береговой зоны можно судить по коэффициенту изрезанности береговой линии. Все перечисленные характеристики входят в уравнения, позволяющие определить высоту волны на разном расстоянии от берега, при различных ветровых нагрузках и высоте волны, сформировавшейся на глубокой воде.

Правовая защита определена авторским правом. Описание метода приведено в публикациях:

Ветровое волнение//Условия возникновения гидрологического риска на водных объектах Пермской области. Пермь, 2005. Ч.1. С.114-130.

Особенности формирования мелководья водохранилищ как геосистем/Современные проблемы исследований водохранилищ. Пермь, 2005. С.132–137.

Гидрология камских водохранилищ. Пермь, Перм. ун-т, 200. 266.

Закономерности и особенности формирования береговой зоны водохранилища//Современные проблемы водохранилищ и их водосборов/Труды Междуна-

родной научно-практ. конф. Пермь, 2011. Т.1. С.59-65.

Методы полностью разработаны и проверены на материале наблюдений за волнением на Камском и Воткинском водохранилищах.

Научный уровень соответствует отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – служба эксплуатации водохранилищ, министерство природных ресурсов Пермского края, КамВодпуть, а также все организации, связанные с проектными работами, требующими расчета ветроволновых нагрузок.

III. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИВЫМИ СИСТЕМАМИ»

III.1. Направление научной деятельности

«Физиолого-биохимические и генетические механизмы бактериального биосинтеза и консервации органических соединений»

Биокаталитический синтез акрилата, мономера для получения акриловых полимеров, с использованием иммобилизованного биокатализатора на основе высокоактивных бактерий, обладающих нитрильной активностью.

Разработка создавалась в период 2007-2011 гг. на кафедре микробиологии и иммунологии биологического факультета и в Лаборатории микробных и клеточных биотехнологий биологического факультета Пермского государственного университета.

Авторы разработки: Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Демаков В.А., Павлова Ю.А. (аспирант).

Область применения разработки. Выполненные исследования относятся к приоритетному направлению «Живые системы» и критической технологии «Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии». Разработка может применяться в химической и нефтехимической промышленности для производства акрилата и акриловых полимеров на их основе.

Акриловые полимеры и сополимеры широко применяются во всех сферах народного хозяйства: в производстве супер-абсорбирующих материалов, моющих средств, диспергирующих агентов, флокулянтов, загущающих агентов, лакокрасочных материалов, клеев, шпаклевок, текстиля, полирующих составов. Спрос на товарные водорастворимые полимеры акрилата натрия рос в среднем на 4-5% ежегодно в течение 1992-2010 гг.

Наиболее ёмкие сферы применения акриловых полимеров – подготовка питьевой воды (крупнейший потребитель – Мосводоканал, возможный потребитель в Перми

– ОАО «Новогор-Прикамье»), производство лакокрасочных материалов, гигиенических средств, таких, как гигиенические прокладки, подгузник и др.

Содержание разработки, полученные результаты. Определены условия приготовления инокулята и получения активной биомассы бактерий, трансформирующих нитрилы с образованием карбоновых кислот. Разработаны методы иммобилизации активных клеток, пригодные для биокатализа. Иммобилизованные клетки выдерживают высокие концентрации субстрата. Так, биокатализатор на основе *Pseudomonas fluorescens* C2 выдерживает до 15% акрилонитрила и позволяет получать растворы акрилата аммония с концентрацией более 25%. Полученные биокатализаторы пригодны для синтеза акрилата с высоким выходом целевого продукта (до 99,6%) и могут быть использованы многократно.

Разработаны процесс синтеза 15% водного раствора акрилата аммония с использованием иммобилизованного биокатализатора в проточном реакторе колонного типа. Показано, что иммобилизованные клетки обладают высокой операционной стабильностью и могут использоваться в многоцикловом режиме в течение не менее 5 циклов синтеза. После проведения каждого цикла синтеза биокатализатор легко отделяется от жидкой фазы.

Полученные биокатализаторы пригодны для синтеза акрилата с высоким выходом целевого продукта (до 99,6%) и могут быть использованы многократно.

Приборная база, используемая для разработки. Аналитическое оборудование: хроматографы ВЭЖХ «Стайер» - градиентный, ионный, изократический, препаративный; газовый хроматограф «Хромас-1000», спектрофотометры UV-Vis 200-

1100 нм; ИК-Фурье спектрометр. *Оборудование для микробиологических исследований*: исследовательский микроскоп; шейкер-инкубатор напольный, трехрусный Multitron 2; ламинарные боксы «Ламинар-С»; ферментер бактериальный лабораторный; многофункциональные микропланшетные ридеры с функцией инкубации Tecan M200 и Tecan M1000; высокоскоростные рефрижерлируемые центрифуги SIGMA 3-30K. *Оборудование для молекулярно-генетических работ*: система для визуализации гелей ДНК-электрофореза; амплификаторы градиентные; система для проведения полимеразной цепной реакции с детекцией в режиме реального времени; секвенатор ДНК Megabase 1000.

Ожидаемые конечные результаты. Опытно-промышленная технология получения акрилата с иммобилизованным биокатализатором, включающая:

- процесс получения и культивирования высокоактивных штаммов-продуцентов, получения и выделения активной биомассы (биокатализатора);

- процесс получения иммобилизованного биокатализатора путём фиксации на твёрдых носителях (адсорбции, ковалентного связывания, включения в гель);

- процесс синтеза акрилата из акрилонитрила в проточном реакторе с полученным биокатализатором и отделения раствора готового конечного продукта.

Разработанные процессы в лабораторном варианте отличаются более эффективным синтезом, длительной работой биокатализатора, меньшими затратами на отделение продукта, высокой чистотой продукта, достаточной для использования в получении материалов

Правовая защита обеспечена патентом на изобретение РФ №2352635. Максимов А.Ю., Демаков В.А., Максимова Ю.Г., Олонцев В.Ф. "Способ получения иммобилизованного биокатализатора и способ получения водных растворов амидов с использованием этого биокатализатора". Рег. в Госреестре изобр. 20.04.2009.

Основные результаты исследований опубликованы в научных статьях, в том числе:

Максимов А.Ю. Максимова Ю.Г. Кузнецова М.В. Олонцев В.Ф. Демаков В.А. Иммобилизация на углеродных сорбентах штамма *Rhodococcus ruber* gt1, обладающего нитрилгидратазной активностью // Прикладная микробиология и биохимия. 2007. Т. 43, № 2. С. 193-198.

Коваленко Г.А., Чуенко Т.В., Рудина Н.А., Скрипник О.В., Максимова Ю.Г., Максимов А.Ю. Приготовление и характеристика носителей с синтезированным слоем каталитического волокнистого углерода: IV. Синтез углеродных нановолокон на Co/Al₂O₃ катализаторе // Кинетика и катализ. – 2009. – Т. 50, № 6. – С. 899-906.

Максимов Ю.Г., Максимов А.Ю., Демаков В.А. и др. Гидролиз акрилонитрила клетками нитрилконвертирующих бактерий, иммобилизованными на волокнистых углеродных адсорбентах// Биотехнология. – 2010. – №4. – С. 51-58.

Степень готовности разработки. Разработана лабораторная технология получения биокатализатора, получены опытные образцы для лабораторного синтеза акрилата, осуществлен синтез акрилата аммония; получены опытные партии растворов акрилата.

Наличие необходимой инфраструктуры для реализации разработки. Для реализации технологии требуется масштабирование процесса в лабораторных установках. Лабораторные стенды могут быть установлены в Лаборатории микробных и клеточных биотехнологий ПГУ. Лаборатория оснащена необходимым аналитическим оборудованием (газовые и ВЭЖХ-хроматографы, спектрофотометры и ИК-спектрометры).

Инфраструктура для реализации опытно-промышленного синтеза акрилата и получения полимеров на его основе, а также применения биокатализаторов для очистки сред от акрилонитрила, как загрязнителя, в готовом виде имеется на Пермском предприятии ОАО «Ашленд-МСП», единственном в России, специализирующемся на биотехнологическом получении акриловых полимеров и флокулянтов на их основе.

В России имеется единственное в мире промышленное производство акрилата

биотехнологическим – на Пермском предприятии ОАО «Ашленд-МСП», имеющем полный цикл синтеза мономеров и получения товарных полимеров и флокулянтов на их основе. В отличие от уже используемой технологии, разработанный процесс компактен, синтез идёт в гетерогенной среде, продукт легко отделяется от биокатализатора, биокатализатор может быть использован для синтеза повторно или в проточном режиме. Разработка не имеет мировых аналогов, внедрённых в производство. Близкие по технологическим решениям процессы для синтеза других мономеров используются в Японии (компания «Мицубиши»).

Ввиду относительной простоты технологического процесса и технологической

схемы, компактности оборудования, разработка может быть внедрена практически на любом предприятии химической, нефтехимической, лакокрасочной промышленности, предприятия по производству гигиенических и перевязочных материалов, использующем акриловые полимеры и сополимеры как основу для получения товарных изделий.

Потенциальными пользователями разработки являются Пермское предприятие ОАО «Ашленд-МСП», имеющее полный цикл синтеза мономеров и акриловых полимеров и флокулянтов на их основе; предприятия химической, нефтехимической, лакокрасочной промышленности.

III.2. Направление научной деятельности «Геномные и постгеномные технологии»

Технология молекулярно-генетической идентификации и паспортизации редких и ресурсных видов растений.

Технология создана в период 2008-2010гг. на кафедре ботаники и генетики растений и в лаборатории «Молекулярной биологии и генетики» ЕНИ Пермского государственного университета. Автор технологии – проф. Боронникова С.В.

Краткая содержательная характеристика технологии: фармацевтика – идентификация растительного сырья, сельское хозяйство – идентификация сортов важнейшей продовольственной культуры пшеницы мягкой и других продовольственных культур, паспортизация сортов, геномная регистрация растений, животных и человека.

Технология молекулярно-генетической идентификации и паспортизации редких и ресурсных видов растений разработана на примере природных популяций двух лекарственных редких видов растений *A. vernalis* и *A. sibirica* (Боронникова, 2008, 2009а). Она включает в себя семь этапов: 1 – выбор эффективных стабильных молекулярных маркеров, 2 – сбор материала, 3 –

подбор эффективных праймеров и проведение молекулярно-генетического анализа с использованием ПЦР, 4 – анализ выявленных ISSR- и IRAP-маркеров и определение идентификационных (мономорфных и полиморфных), а также составление молекулярно-генетической формулы (5 этап), штрих-кода (6 этап) и генетического паспорта (7 этап).

На *первом этапе* разработки методики была решена задача выбора эффективных стабильных молекулярных маркеров, позволяющих выявить высокий уровень полиморфизма ДНК, анализировать большую часть генома растений, получить четко воспроизводимые результаты на основании анализа данных молекулярно-генетических исследований двух видов рода *Adonis*. Всем этим требованиям отвечают ISSR- и IRAP-маркеры. На *втором этапе* паспортизации в природных популяциях двух видов рода *Adonis* собраны фрагменты листьев, из которых выделена ДНК. На *третьем этапе* были отобраны наиболее информативные четыре ISSR- и пять IRAP-праймеров, с помощью которых выявлены ISSR- и IRAP-маркеры у двух видов рода *Adonis*. Проведен ПЦР-анализ

выделенных проб ДНК. На *четвертом этапе* выявлены 10 ISSR- и 17 IRAP- мономорфных фрагментов и 9 ISSR- и 21 IRAP- полиморфных фрагментов ДНК. Четко воспроизводимые при амплификации у особей одного рода фрагменты ДНК названы «родовыми», а у особей одного вида – «видовыми». На *пятом этапе* маркеры ДНК, избранные для паспортизации, представили в виде молекулярно-генетической формулы. Предложена новая оригинальная запись фрагмента ДНК (Боронникова, 2008; Боронникова, 2009а) с указанием типа фрагмента (родовой, видовой, полиморфный), длины фрагмента и указания праймера нижним индексом, например, As_v1510_{IR75} . Первыми буквами названия рода (AD) мы обозначили родовые идентификационные фрагменты ДНК с указателем «г» от «год» нижним индексом, например, AD_r550_{X11} . Видовые идентификационные фрагменты обозначены как Av и As с указанием «v» от «vid», например, Av_v830_{M12} . Полиморфные фрагменты ДНК предлагается обозначить индексом «р» от «polimorph», например, Av_p650_{IR75} . Как

родовые, так и видовые фрагменты ДНК являются мономорфными и, в основном, установлены с использованием ISSR-метода. Полиморфные фрагменты ДНК (при их различных сочетаниях) позволили составить уникальную генетическую формулу популяции. Для паспортизации популяций видов рода *Adonis* было отобрано по 4 родовых и видовых фрагментов ДНК, а также от одного до четырех полиморфных фрагментов ДНК, сочетания которых специфичны для исследуемых популяций. Это минимальное число фрагментов ДНК, с помощью которых проведена паспортизация. Гетерогенные природные популяции можно охарактеризовать разными сочетаниями полиморфных фрагментов ДНК, причем главную роль будут играть полиморфные фрагменты, амплифицированные IRAP-методом. Сочетания полиморфных фрагментов ДНК не совпадают ни у одной из изученных популяций.

На *шестом этапе* паспортизации предложена запись молекулярно-генетической формулы в виде штрихкода (рис.).

Молекулярно-генетическая формула и штрих-код популяции *Av1* (Михино):

AD_r550_{X11} ; AD_r850_{IR98} ; AD_r480_{M3} ; AD_r380_{M1} ;
 Av_v830_{M12} ; Av_v710_{IR04} ; Av_v630_{M1} ; Av_v490_{X11} ;
 Av_p900_{M12} ; Av_p620_{IR02} ; Av_p440_{IR97} ; Av_p350_{IR75} .

Маркер молекулярного веса, пп 1	Штрих-код 2	Номер фрагмента ДНК 3	Обозначение фрагмента 4
900	—	1	Av_p900_{M12}
800	—	2	AD_r850_{IR98}
	—	3	Av_v830_{M12}
700	—	4	Av_v710_{IR04}
600	—	5	Av_v630_{M1}
	—	6	Av_p620_{IR02}
500	—	7	AD_r550_{X11}
	—	8	Av_v490_{X11}
	—	9	AD_r480_{M3}
	—	10	Av_p440_{IR97}
400	—	11	AD_r380_{M1}
	—	12	Av_p350_{IR75}

Молекулярно-генетический штрихкод популяции *A. vernalis* (*Av1*):

AD_r – фрагменты ДНК, общие для видов *A. vernalis* и *A. sibirica*; Av_v – фрагменты ДНК, характерные для *A. vernalis*; Av_p – полиморфные фрагменты ДНК

Родовые фрагменты обозначены толстой линией, видовые – линией средней толщины, а полиморфные фрагменты –

тонкой линией. Для штрихкода использованы от 10 до 12 штрихов, из которых четыре характерны для рода, четыре – для

вида, а от одного до четырех – для популяции. Фрагменты ДНК в штрихкоде располагаются в зависимости от их длины от большего к меньшему. Как молекулярно-генетическая формула, так и штрихкод (рис.), позволят идентифицировать принадлежность как растительного сырья, так и отдельных особей не только к роду и виду, но и к определенной популяции изученных видов ресурсных растений. Таким образом, генофонд популяции документируется в виде формул и штрихкода, отражающих состав аллелей в отдельных локусах генома. На *седьмом этапе* молекулярно-генетической паспортизации рекомендуется составление генетического паспорта популяции. Нами разработана форма генетического паспорта популяции редкого или ресурсного вида растений, избраны общепринятые показатели состояния популяций и генетического разнообразия (Боронникова, 2009в, 2009г).

Таким образом, технология молекулярно-генетической идентификации и паспортизации позволяет выявить, записать и наглядно представить в обобщенной форме характеристику геномов изучаемых видов растений. Разработанная на примере редких лекарственных видов растений технология идентификации и паспортизации является моделью, которая рекомендуется для паспортизации сортов продовольственных культур и идентификации растительного сырья лекарственных растений.

Приборное обеспечение технологии: полный комплект оборудования молекулярно-генетического цикла, включая систему генетического анализа (секвенатор) и ПЦР в реальном времени. Коммерциализация результатов возможна после получения патента. Молекулярно-генетическая идентификация пород животных, включая собак, сортов растений, включая продовольственные культуры и лекарственные растения. Молекулярно-генетическая идентификация личности, наследственных болезней и иных качеств.

Правовая защита обеспечивается авторским правом. Основные публикации автора технологии:

Боронникова С.В. Молекулярно-генетическая идентификация и паспортизация редких и находящихся под угрозой уничтожения видов растений. Перм. ун-т. Пермь, 2008. 120 с.

Боронникова С.В. Молекулярное маркирование и генетическая паспортизация ресурсных и редких видов растений с целью оптимизации сохранения их генофондов // Аграрный вестник Урала. 2009а. №2 (56). С. 57–59.

Боронникова С.В. Генетическая паспортизация популяций редких видов растений рода *Adonis* с использованием ISSR- и IRAP-маркеров // Известия ТСХА. 2009б. №1. С. 83–89.

Боронникова С.В. Молекулярно-генетическая паспортизация редких реликтовых видов растений // Вестник Новосибирского государственного университета. 2009в. Т.7, вып.3. С.3–8.

Боронникова С.В. Генетическая паспортизация редких видов растений как основа оптимизации сохранения их генофондов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009г. №3 (17). С.8–15.

Степень готовности: технология разработана и апробирована на других видах растений, включая основные продовольственные культуры.

В университете создана инфраструктура для реализации технологии. Необходимо оформить патент. Трудности – отсутствие в классификаторе рубрики по молекулярно-генетическому направлению.

Технология характеризуется высоким научно-техническим уровнем по отношению к отечественным и зарубежным.

Потенциальными пользователями технологии являются фармацевтические предприятия, селекционеры, зерновые хозяйства, сотрудники природоохранных организаций и учреждений, ветеринарные, включая кинологические общества и организации, научные сотрудники, судмедэксперты.

III.3. Направление научной деятельности «Иммунологические механизмы регуляции взаимодействий микро- и макроорганизмов»

Конструирование неинструментальных аналитических систем, пригодных для эффективной детекции стереоспецифических взаимодействий: иммуноаналитика, иммунодиагностика, лабораторно-производственный скрининг биологических макромолекул.

На основе разработанных технологий, позволяющих надёжно с позиций молекулярного структурирования функционализировать поверхности различных наноматериалов, разрабатываются тест-системы различной направленности и форматной аранжировки. Кроме инструментальной и аппаратурной независимости, создаваемые тест-системы обладают рядом привлекательных аналитических, процедурных и экономических характеристик. Спектр возможного применения таких систем включает практику домашней самодиагностики, клиническое, как лабораторное применение, так и диагностику в кабинете врача, использование в экстренных чрезвычайных ситуациях (работа бригад скорой медицинской помощи, эпидемический скрининг, военные подразделения в условиях полевой службы и отряды МЧС) и т.д. Направленность (объекты определения) таких систем практически неограниченна, обусловлена высокой степенью универсальности технологических решений и определяется только наличием специфической пары и величиной диагностически значимого результата.

Научные исследования, связанные с разработкой технологий модификации поверхности наноразмерных частиц различных материалов, были начаты в начале 90-х годов прошлого столетия. Первоначально апробированная двухэтапная технологическая схема включения и ковалентного фиксирования биологически активных макромолекул в структуре

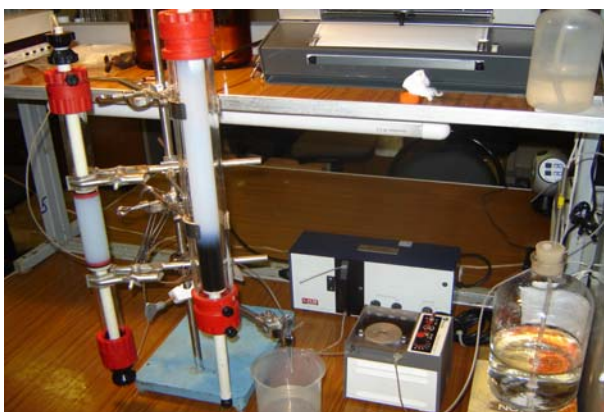
наноконструкции, состоящих из частиц коллоидного углерода и/или гидрофобных красителей была в последствии технологически усовершенствована до одноэтапного уровня, когда все необходимые синтетические процессы (пептизация, активация, конъюгирование) протекают одновременно, в одну стадию. Получаемый при этом конъюгат (диагностикум) представляет собой весьма устойчивую структуру, состоящую из хромофорной наночастицы и находящихся на её поверхности биологически активных соединений (анти-лигандов), способных к специфическому взаимодействию с соответствующими лигандами, которые и являются объектами тестирования: вирусные и бактериальные агенты, антигены и антитела, макромолекулы биологического происхождения – маркеры заболеваний или определённых соматических состояний (беременность, фертильность и др.), нежелательные (контаминационные) молекулы, присутствующие в системах, связанных с биотехнологическими процессами и т.д.

Проведённые исследования позволили сконструировать ряд модельных систем аналитического тестирования, не имеющих аналогов в России и за рубежом. Речь идёт о тест-системах для определения антител к ВИЧ 1-го и 2-го типов, стрептококков группы А, дифтерийного и столбнячного токсинов, ряда лигандов посредством использования биотинилированных зондов.

Привлекательной стороной работы является тот факт, что непосредственно для реализации технологических циклов, связанных с получением диагностикумов не требуется какого-либо объективно уникального или дорогостоящего оборудования. Более того, технологичность процессов столь высока, что позволяет на компактной лабораторной модели (рис.) получать реагенты в полупромышленных масштабах (6000

определений за цикл). Это снимает проблему масштабирования при переносе технологии из лабораторных условий в реальное производство.

Одной из стратегий развития представляемой работы является стремление к возможно максимальной независимости от поставляемых реагентов. В структуре работы предусмотрены разработки методов получения аффинных компонентов тест-систем. Освоен ряд методов как выделения биологически активных макромолекул из природных источников, так и синтез реагентов, необходимых для проведения таких работ, включая методы получения поли- и моноклональных антител на основе традиционных (иммунизация лабораторных животных) и гибридных технологий.



Лабораторно-технологическая модель производства углеродных конъюгатов

По существу создана методическая и технологическая база для конструирования и среднемасштабного производства неинструментальных аналитических тест-систем широкого спектра применения. Основными характеристиками конструируемых систем являются: высокие чувствительность и специфичность, простота реализации, надежность тестирования, основанная в первую очередь на чрезвычайной стабильности реагентов, наглядность результатов, безопасность и наконец, экономическая привлекательность.

Ключевые положения работы защищены 8-ю патентами РФ. Некоторые из них:

Раев М.Б., Плаксин Д.Ю. Способ определения иммунореактивных соединений. Патент РФ № 2268471. от 20.01.2006.

Раев М.Б. Способ выделения и очистки альфа-фетопротеина. Патент РФ № 2302424 от 10 июля 2007.

Раев М.Б. Способ получения конъюгата для стереоспецифического анализа. Патент РФ № 2314827 от 20 января 2008.

Раев М.Б. Способ защиты и стабилизации твердофазных реагентов иммуноаналитических систем. Патент РФ № 2327992 от 27.06.2008.

Раев М.Б. Способ выделения и очистки трофобластического β -1-гликопротеина. Патент РФ № 2367449 от 20.09.2009.

Основные положения обсуждены на страницах ряда авторитетных журналов:

Раев М.Б., Орлова Е.Г., Горбунова О.Л., Красных М.С. Конструирование и применение универсальной тест-системы с использованием неферментных диагностикомов для безинструментальной оценки уровня специфических антител. Биотехнология, №1, 2006. С. 84 - 88.

Раев М.Б. Частицы коллоидного углерода в качестве меток диагностических реагентов. Вестник уральской медицинской академической науки, №3(1), 2006. С. 202 – 205.

Раев М.Б., Шмагель К.В., Черешнев В.А. Использование наночастиц углерода в иммунодиагностике. Вестник уральской медицинской академической науки, №3(17), 2007. С.59 - 62.

Раев М.Б. Частицы коллоидного углерода в системах неинструментальной диагностики. Клиническая лабораторная диагностика, №2, 2008. С.45-48.

Rayev M., Shmagel K. Carbon-protein covalent conjugates in noninstrumental immunodiagnostic systems. Journal of Immunological Methods, V.336, №1, 2008. P.9 - 15.

Судя по анализу доступной литературы, ни технологические решения, ни системы аналитического тестирования, сконструированные на их основе, аналогов не имеют.

Эндокринная регуляция иммунной системы в период физиологически протекающей беременности.

На основании экспериментальных исследований разрабатывается новая концептуальная модель процессов гормональной регуляции иммунных клеток матери во время физиологически протекающей беременности. Основой регуляции клеток иммунной системы матери является гормональный ансамбль вновь синтезируемых белково-пептидных и стероидных гормонов плаценты. В зависимости от стадии развития беременности гормоны регулируют процессы дифференцировки и функциональной активности клеток иммунной системы матери, формируя условия, при которых развивается толерантность в отношении полуаллогенного плода. Молекулярные механизмы, лежащие в основе гормонального контроля могут служить объектом воздействия перспективных лекарственных препаратов для коррекции иммунной системы при трансплантации органов и тканей или эффективной противоопухолевой терапии.

Фундаментальные исследования по эндокринной регуляции иммунной системы проводятся с 70-х годов прошлого века. Первоначально исследования были организованы на кафедре биохимии Пермского государственного медицинского института, ныне Пермской медицинской академии им. академика Е.А. Вагнера, под руководством профессора, заслуженного деятеля наук РФ Н.Н. Кеворкова. В дальнейшем, на базе Института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН (лаборатория иммунорегуляции) и на кафедре микробиологии и иммунологии биологического факультета Пермского государственного университета, исследования возглавил профессор С.В. Ширшев.

Беременность представляет собой важный физиологический период, в ходе которого мать вынашивает плод, несущий признаки генетически чужеродной информации, полученные от отца. Таким образом, плод является полуаллогенным трансплантатом по отношению к матери и, по законам трансплантации, должен быть отторгнут. Изучение факторов и механизмов,

приводящих к формированию толерантности иммунной системы матери по отношению к плоду является важной фундаментальной задачей современной биологии. Исследование молекулярных механизмов регуляции иммунной системы в гестационный период позволит приблизиться к решению таких важных задач, как трансплантация органов и тканей, а также специфическое лечение опухолей. Ключевыми факторами, индуцирующими специфическую толерантность иммунной системы матери, являются гормоны беременности.

Проводимые научные исследования показали, что гормоны репродукции, синтез которых возможен только при беременности (хорионический гонадотропин и эстриол) или беременность сопровождается существенным повышением их концентрации (эстрадиол, прогестерон, лептин, грелин), обладают выраженным иммунорегулирующим действием. Наиболее интересным является тот факт, что иммунорегуляторными эффектами обладают не только отдельные гормоны репродукции, но и их ансамбли. Впервые на экспериментальных моделях *in vitro* показано, что совместное действие различных гормонов репродукции, обладающих разными механизмами действия на клетку-мишень, могут приводить не только к усилению их эффектов, но и нивелированию эффектов одних гормонов другими.

Впервые установлено, что гормоны репродукции в концентрациях, отражающих их уровень в разные trimestры беременности, в разной степени регулируют функциональную активность клеток иммунной системы. Установлены внутриклеточные сигнальные пути передачи гормонального сигнала на уровне клеток иммунной системы. В настоящее время решаются важные задачи по расшифровке альтернативных механизмов передачи гормонального сигнала посредством паттерн-распознающих рецепторов клеток иммунной системы, которые в норме предназначены для распознавания консервативных молекул, структурированных в клеточную стенку бактерий, вирусов и пр. В частности такой механизм описан для хорионического гонадотропина. Помимо этого,

гормоны являются важными регуляторами процессов экстратимической дифференцировки Т-лимфоцитов, что может создавать предпосылки для формирования клеток-ренегатов, защищающих плод от иммунной атаки материю.

В развитие разрабатываемой концепции исследуются новые, ранее не изученные в данном контексте гормоны, принимающие участие в формировании эндокринного зеркала беременной, такие как лептин и грелин.

Основные результаты и научное обоснование представленных концепций опубликованы в монографиях и статьях в ведущих журналах РАН и РАМН:

Ширшев С.В. Механизмы иммуноэндокринного контроля процессов репродукции В 2-х томах. Т.1. Екатеринбург: УрО РАН. 2002. 430 с.

Ширшев С.В. Механизмы иммуноэндокринного контроля процессов репродукции В 2-х томах. Т.2. Екатеринбург: УрО РАН. 2002. 585 с.

Ширшев С.В. Иммунология материнско-фетальных взаимодействий. Екатеринбург: УрО РАН. 2009.-582 с.

Куклина Е.М., Ширшев С.В. Репродуктивные гормоны в контроле баланса Th1/Th2-цитокинов // Известия АН. Серия Биологическая. 2005. № 3. С.273-280.

Ширшев С.В., Орлова Е.Г. Молекулярные механизмы регуляции лептином функциональной активности мононуклеарных фагоцитов // Биохимия. 2005. Т. 70, № 8. С.1021-1029.

Ширшев С.В. Гормональные механизмы регуляции иммунной системы в период беременности // Успехи соврем. биологии. 2005. Т. 125, № 6. С. 555-566.

Ширшев С.В., Заморина С.А. Роль Toll-подобных протеинов в реализации эффектов хорионического гонадотропина на

функциональную активность моноцитов // Доклады Академии Наук.-2006.-Т.409, №5.-С.699-701.

Ширшев С.В., Куклина Е.М., Максимов А.Ю., Крапивина О.А., Паршакова Н.С. Экстратимическая реаранжировка генов антигенного рецептора абТ-лимфоцитов при беременности //Биохимия.-2007.-Т.72, № 9.-С.1207-1213.

Ширшев С.В., Некрасова И.В., Орлова Е.Г. Эстриол как модулятор функциональной активности фагоцитов и НК-клеток // Доклады Академии Наук.-2008.-Т.422,№1.-С.128-130.

Орлова Е.Г., Ширшев С.В. Лептин как фактор иммунорегуляции при физиологически протекающей беременности // Бюл.эксперим. биологии и медицины.-2009.-Т.147, №7.-С.88-92.

Ширшев С.В. Механизмы иммунной толерантности при физиологически протекающей беременности //Успехи физиологических наук.-2010.-Т.41, № 1.-С.75-93.

Ширшев С.В. АМФ-зависимые механизмы эндокринного контроля иммунной системы при беременности // Успехи соврем. биологии.-2010.-Т.130, №2.-С.130-146.

Анализ подобного рода работ у нас и за рубежом показывает, что разрабатываемая теория гормональной регуляции иммунной системы, во время физиологически протекающей беременности, является оригинальной и соответствует мировому уровню.

Потенциальными пользователями получаемых знаний могут быть специалисты в области биологии репродукции, эндокринологии, иммунологии, трансплантологии и фармакологии.

III.4. Направление научной деятельности

«Разработка научно обоснованных технологий идентификации биомаркеров ранних экообусловленных нарушений состояния здоровья и развития неинфекционной патологии человека»

Технология построения протеомного профиля человека в условиях воздействия факторов риска.

Технология проведения протеомных исследований разрабатывается на базе сектора клеточных технологий в экологии человека лаборатории микробных и клеточных биотехнологий Пермского государственного национального исследовательского университета в рамках проекта «Технологии управления живыми системами», созданного в 2011 году под руководством член-корр. РАН д.м.н., профессора Зайцевой Н.В., д.м.н. при участии профессора Земляновой М.А.

Основной целью научно-исследовательской деятельности сектора «Клеточных технологий в экологии человека» является разработка научно-обоснованных технологий идентификации биомаркеров ранних экообусловленных нарушений состояния здоровья и развития неинфекционной патологии человека на основе построения белкового профиля человека. Построение протеомного профиля человека является актуальной темой фундаментальных исследований ведущих научных групп, как в России, так и за рубежом.

В настоящее время изучение протеомного профиля проводится по следующим направлениям:

- выделение и идентификация мишенной воздействия неблагоприятных факторов на субклеточном, клеточном и органном уровне на основании построенного белкового профиля.
- идентификация биомаркеров белковых нарушений для ранней диагностики и профилактики патологии человека, обусловленной воздействием факторов риска.
- построения белковых карт для установления факторов риска здоровью на

уровне «индивидуум – группа – популяция».

В связи с тем, что на территории Пермского края размещается более 500 крупных промышленных предприятий, относящихся к различным отраслям производства, формируется проблема неблагоприятного воздействия разнообразных, в первую очередь химических, факторов риска среды обитания на здоровье населения. Поэтому своевременное выявление и коррекция нарушений состояния здоровья на стадии, предшествующей заболеванию, остаётся одной из важнейших задач фундаментальной и прикладной науки.



Жидкостный хроматограф и масс-спектрометр

Для достижения поставленной цели в рамках проекта «Технологии управления живыми системами» Пермским национальным исследовательским университетом приобретена аналитическая система, включающая жидкостный хроматограф «DIONEX» Ultimate 3000 (США) и тан-

демный масс-спектрометр на базе тройного квадрупольного «AB Sciex» 4000 QTRAP (США). Данная система отличается высокой чувствительностью и скоростью проведения анализа биологических субстратов, позволяет идентифицировать и оценить изменения белков.

Сочетание жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией дает возможность качественно и количественно идентифицировать белки и пептиды, входящие в состав многокомпонентной анализируемой смеси. Использование масс-спектрометра в режиме линейной ионной ловушки позволяет определять соединения, присутствующие в наномолярных (10^{-9} М) концентрациях. Хроматографическая система предназначена для дополнительного концентрирования и очистки изучаемого биологического образца перед вводом в масс-спектрометр, что в сочетании с высокой скоростью сканирования позволяет многократно повысить чувствительность и селективность исследования. В результате становится возможной идентификация известных и поиск принципиально новых биомаркеров, уровень которых может изменяться в условиях воздействия малых концентраций внешнесредовых и производственных факторов риска, на стадии, предшествующей патологическому состоянию. Это даёт возможность своевременно разрабатывать и внедрять профилактические мероприятия до возникновения функциональных и органических необратимых изменений в организме.

В результате деятельности сектора «Клеточных технологий в экологии человека» в 2011 году ожидаются следующие результаты научных исследований:

- разработка технологии построения протеомного профиля человека с последующей идентификацией и количественным определением белковых маркеров внешнесредового воздействия факторов риска;

- построение протеомного профиля индивидов, проживающих на территориях в условиях воздействия факторов риска и

сравнительно на территориях относительного санитарно-гигиенического благополучия.

В настоящее время установлена и запущена в эксплуатацию аналитическая система, включающая жидкостный хроматограф и tandemный масс-спектрометр на базе тройного квадрупольного, а так же дополнительное оборудование для иммуноаффинного отделения двадцати интенсивных белков плазмы крови, позволяющее увеличить концентрацию низкокопийных белков в несколько раз и повысить качество выполнения исследования. На базе аналитического Центра МГУ специалистами сектора пройдена стажировка, целью которой являлось освоение методов работы на жидкостном хроматографе с масс-спектрометрическим детектированием.

Наличие аналитического оборудования, соответствующего мировым стандартам, позволяет решать задачи построения белкового профиля человека, выявления его нарушений, идентификации биомаркеров предпатологии и белков-мишеней для коррекции патологических состояний. Это выводит исследование влияния факторов риска на организм конкретного индивида, включающей его группы и популяции, на мировой уровень.

Разрабатываемая технология целесообразна для внедрения в практическую деятельность специалистов научно-исследовательских учреждений профилактической медицины, здравоохранения, санитарно-эпидемиологического надзора при исследовании влияния факторов среды обитания на здоровье человека, при оценке риска возникновения патологических состояний, для профилактики экообусловленных заболеваний.

Проводимые научные разработки являются высокоперспективными и могут представлять в будущем большой интерес для коммерциализации как на территории Пермского края и других регионов Российской Федерации, так и за рубежом.

III.5. Направление научной деятельности «Экология почв»

Методика эколого-почвенного обследования и картографирования техногенных и городских ландшафтов и ремедиация почв.

Методика создана в 2000-2010 гг. сотрудниками кафедры физиологии растений и микроорганизмов и Лаборатории ботаники и экологии почв Естественнонаучного института Пермского государственного университета.

Методика эколого-почвенного обследования и картографирования предназна-

чена для техногенных и городских территорий Пермского края, нарушенных строительством, планировкой рельефа, складированием отходов, загрязнением нефтью и тяжелыми металлами и др. Позволяет оценить экологические способности почв и техногенных поверхностных образований (ТПО) по оптимизации окружающей среды, допустимую техногенную нагрузку, предлагает методы улучшения свойств и экологических функций почв.



Обследование почв в городе

Предложенная методика включает:

- полевые методы диагностики трансформированных почв и ТПО;
- лабораторные методы исследования агрохимических и биологических свойств почв и ТПО;
- критерии оценки экологического состояния почв и ТПО;
- критерии допустимой техногенной нагрузки на почвы;
- методы полевого картографирования почвенного покрова городских и техногенных территорий;

- методы оценки фитотоксичности и микробиологической активности почв и ТПО;

- методы оптимизации свойств и функций почв и ТПО путем интенсификации биохимической активности, оптимизации минерального питания;

- рекомендации по ремедиации почв и ТПО в зависимости от функционального назначения территории.

База данных для создания методики была получена при выполнении гранта РФФИ «Урал-2001 № 01-0496459 «Трансформация почвенного покрова Пермской

области» и НИР «Разработка теоретических основ устойчивости почв таежно-лесной зоны и способов реставрации техногенно загрязненных почв», а также при выполнении двух диссертационных работ: «Почвы и техногенные поверхностные образования многоэтажных районов городов Прикамья» (Москвина Н.В., Пермь, 2004, специальность 03.00.16 – Экология) и «Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений» (Лымарь О.А., Пермь, 2007, специальность 03.00.16 – Экология). Систематизированные данные опубликованы в следующих основных работах:

Еремченко О.З., Москвина Н.М. Свойства почв и техногенных поверхностных образований в районах многоэтажной застройки г. Пермь. Почвоведение. 2005. № 7. С. 782-789.

Еремченко О.З., Лымарь О.А. Почвенно-экологические условия зоны солеотвалов и адаптация к ним растений // Экология. 2007. № 1 С. 18-23.

Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Каменщикова В.И. Эколого-биологические свойства урбаноземов г. Перми. Вестник Удмуртского университета. 2010. Вып. 4. С. 56-63.

Каменщикова В.И. Экологическое состояние и устойчивость почв таежно-лесной зоны к антропогенным воздействиям // Вестник Пермского университета. Биология. 2011. Вып. 1. С. 64-67.

Разработаны критерии диагностики, допустимой техногенной нагрузки, оценки экологического состояния почв и ТПО, методы лабораторного изучения и биодиагностики почв и ТПО, принципы и подходы почвенно-экологического картографирования. Имеется база данных по разнообразию городских почв Пермского Прикамья и некоторых ТПО. Рекомендации по ремедиации почв и ТПО должны составляться в зависимости от функционального назначения территории и допустимой нагрузки на почву.

Имеются полевое и лабораторное оборудование, программы для составления электронных карт.

Методика соответствует лучшим отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – Управление по экологии и природопользованию Администрации г. Перми, соответствующие структуры в других городах края, предприятия, утилизирующие отходы производства, загрязняющие окружающую среду нефтепродуктами и тяжелыми металлами.

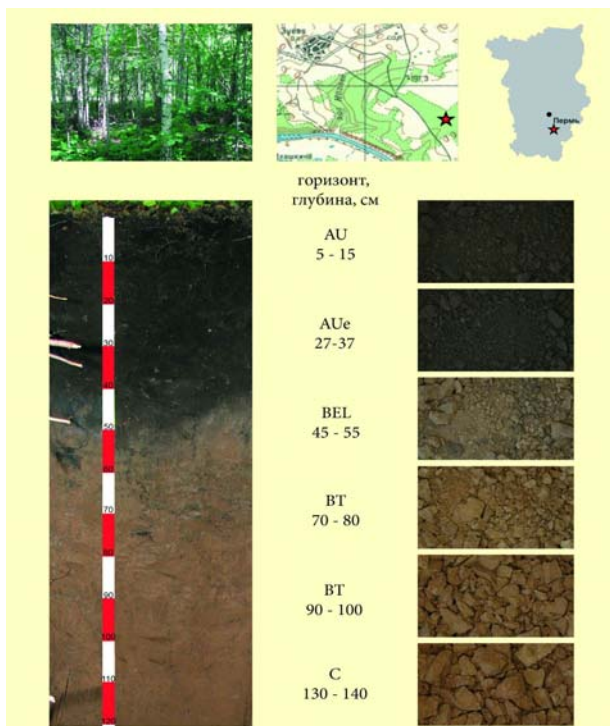
Методика выявления ценных почвенных объектов, организация мониторинга и охраны редких и исчезающих почв Пермского края.

Методика создана в период 2006-2011гг. сотрудниками кафедры физиологии растений и микроорганизмов Пермского государственного университета.

Методика выявления ценных почвенных объектов предназначена для создания Красной книги почв и кадастра ценных почвенных объектов Пермского края. Методические разработки учтены при создании Концепции Красной книги почв Пермского края. Разработано научное обоснование для выделения охраняемых почв, перечень редких и исчезающих (находящихся под угрозой исчезновения) почв. На территории двух равнинных почвенных провинций края предложены ценные почвенные объекты, подлежащие особой охране, для них разработаны экологические паспорта (рис.).

В методику включены:

- критерии для выделения редких и исчезающих почв Пермского края;
- научное обоснование для охраны той или иной почвенной разности;
- методы для изучения экологического состояния почв;
- методы описания профиля редких и исчезающих почв;
- методы для изучения генетических свойств почв;
- методы обследования и картографирования ареалов редких и исчезающих почв;
- методы отражения почвенных материалов в ГИС.



Страница экологического паспорта

База данных для создания методики была получена при выполнении гранта РФФИ «Урал – 2007» № 07-04-96046 «Эколого-генетическое разнообразие почв Пермского края и разработка Красной книги почв». Систематизированные данные опубликованы в следующих основных работах:

Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь: Пермское книжное изд-во. 2010. 92 с.

Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Категории охраняемых почв Пермского края. Отражение био-, гео- и антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове/ Материалы Всеросс. конф. Томск, 2010. С. 68-70

Еремченко О.З. О редких и исчезающих почвах Пермского края/ Антропогенная трансформация природной среды/Материалы Международной конференции. Пермь, 2010. Т.3. С.298-303.

Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Прошлое, настоящее и будущее почвенного царства природы // Вестник Пермского научного центра. Пермь, 2010. С. 51-58.

Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Выделение редких и исчезающих почв в связи с созданием Красной книги

почв Пермского края// Вестник Пермского университета. Пермь, 2008. С. 63-68.

Разработаны критерии для выделения почв, подлежащих особой охране, полевые и лабораторные методы изучения их состояния. Созданы ГИС-проекты для выделения ареалов редких и исчезающих почв, которая может служить картографической основой при организации сети ООПТ с редкими и исчезающими почвами, при мониторинге экологического состояния ценных почвенных объектов. Для завершения методики необходимо научное обоснование статуса редких и исчезающих почв северной (Камско-Верхневыхгодской) почвенной провинции и Уральского почвенного округа, а также совершенствование ГИС.

Имеются полевое и лабораторное оборудование, база данных о редких и исчезающих почвах Пермского края, программы для составления электронных карт.

Методика соответствует лучшим отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – Управление по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов Пермского края.

Методика оценки качества и безопасности продуктов пчеловодства в Пермском крае.

Методика создана в период 2005-2011 гг. на кафедре физиологии растений и микроорганизмов Пермского государственного университета.

Методика основана на использовании биогеохимических показателей ландшафта и комплексном анализе факторов формирования состава и свойств продуктов пчеловодства для оценки их качества и безопасности, а также для оптимального использования продукции. Состав и свойства продуктов пчеловодства представляют интерес с разных позиций: контроль качества, пищевая ценность и безопасность, определение географического и ботанического происхождения, использование в апи-мониторинге состояния окружающей среды, фундаментальная и прикладная оценка биогеохимических особенностей террито-

рий медосбора, разработка рекомендаций по промышленной переработке сырья и использованию готовой продукции.

Методика включает:

- систему оценки параметров качества и безопасности продуктов пчеловодства по российским и международным стандартам;
- современные методы испытания продуктов пчеловодства;
- использование российской и международной нормативной базы по качеству и безопасности продуктов пчеловодства;
- оценку факторов воздействия на качество и безопасность продуктов пчеловодства;
- разработку рекомендаций по рациональной переработке и использованию сырья в производстве;
- разработку рекомендаций по оптимальному использованию медоносных ресурсов территорий.

На основании научного задела получен грант РФФИ «Урал – 2011» № 11-04-96010 «Почвенно-геохимические и техногенные факторы формирования качества и безопасности биопродуктов Пермского края».

Данные систематизированы в публикациях:

Kaygorodov R.V. Metallgehalte in Wald- und Löwezahnhonig // D.I.B-Aktuell / Informationsblatt des Deutschen Imkerbundes №5, 2008. S. 20 - 22.

Леготкина Г.И., Хисматуллин Р.Г., Кайгородов Р.В. Контроль пестицидов в продуктах пчеловодства. Пчеловодство. 2011. № 4. С. 12-15

Кайгородов Р.В. Минеральный состав медов антропогенных ландшафтов и особо охраняемых природных территорий // Материалы международ. конф. «Пчеловодство - XXI век». М., 2010. С. 78-80.

Зубова Е.И., Кайгородов Р.В., Кузьев Р.З., Леготкина Г.И., Хисматуллин Р.Г. Качество меда европейских стран // Пищевая промышленность. М., 2010. С. 40-43.

Леготкина Г.И., Кузьев Р.З., Хисматуллин Р.Г., Зубова Е.И., Кайгородов Р.В. Достижения и проблемы стандартизации пчеловодства // Пчеловодство, 2010, №3, С. 6 – 7.

Методика полностью готова к использованию. Научные исследования в области

сельскохозяйственных экосистем и продуктов пчеловодства проводятся с 2002 г. совместно с российскими и зарубежными специалистами и организациями. Накоплен материал в области почвенно-геохимических, фитотоксикологических исследований экосистем Пермского края. Отработаны международные стандартные методы подготовки проб продуктов пчеловодства и анализа минерального состава и свойств, освоено аппаратное обеспечение анализов. Проведены исследования химического состава медов, пыльцы и прополиса территорий с разной степенью антропогенной нагрузки. Выявлены основные механизмы формирования минерального состава и свойств продуктов пчеловодства в зависимости от их ботанического и географического происхождения. Изучено изменение минерального состава прополиса, прополисного жмыха в ходе его технологической переработки и получения БАД. В настоящее время проводится совместный проект «Минеральный состав меда разного ботанического и географического происхождения» с университетом Leuphana и Институтом пчеловодства земли Нижняя Саксония (Германия).

Имеются полевое и лабораторное оборудование, база данных по почвенной и биогеохимии, составу и качеству продукции пчеловодства Пермского края, программы для составления электронных карт.

Методика соответствует лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – Министерство промышленности, инновации и науки Пермского края, Министерство сельского хозяйства Пермского края, малый и средний бизнес России и зарубежья.

Методика оценки торфяных ресурсов Пермского края и создание биопрепаратов на основе торфа.

Методика создана в период 2001-2011гг. на кафедре физиологии растений и микроорганизмов Пермского государственного университета.

В процессе изучения почв зоны подтопления Камским водохранилищем были разработаны методы дешифрирования космоснимков в разной степени заболоченных территорий. Предлагается на их основе провести учет заболоченных территорий в Пермском крае. С помощью полевых и лабораторных методов уточнить ресурсы торфа разного качественного состава в связи с пригодностью для получения биопрепаратов, органических материалов для ремедиации почв, сырья для получения некоторых технологических продуктов.

Методика включает:

- методы дешифрирования космических снимков при оценке площадей торфяных месторождений;
- методы определения компонентного и фракционного состава торфов;
- методы оценки запасов месторождения торфа;
- рекомендации по направлению использования торфа: для ремедиации почв, производства биопрепаратов и технологических продуктов, полуфабрикатов и др.;
- способы получения биопрепаратов и полуфабрикатов для получения технологических продуктов.

База данных для методики была частично получена при выполнении гранта РФФИ «Урал-2001» № 01-0496459 «Трансформация почвенного покрова Пермской области», в процессе подготовки диссертации аспирантом Т.Г. Филькиным (2009-2011). Систематизированные данные опубликованы в следующих основных работах:

Еремченко О.З., Власов А.Н. Изменение физико-химических свойств подзолистых почв в зоне подтопления Камским водохранилищем // Пермский аграрный вестник. Вып. XVI. Ч.1. 2006. С. 5-9.

Филькин Т.Г. Совершенствование и применение картографической информации для охраны и использования почвенных ресурсов Пермского края // Антропогенная трансформация природной среды: материалы международной конференции. Пермь, 2010. Т.3. С. 446–451.

Филькин Т.Г. Об оценке площадей почв, подтопленных Камским водохрани-

лищем // Антропогенная трансформация природной среды/ Материалы международной конференции. Пермь. 2010. Т.1, Ч.2. С. 303–308.

Филькин Т.Г., Назаров Н.Н., Фролова И.В. О масштабах влияния Камского водохранилища на почвенный покров прибрежных территорий // Отражение био-, гео- и антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове/ Материалы Всеросс. конф. Томск, 2010. С. 286-288.

Методы дешифрирования космических снимков должны быть дополнены полевыми и лабораторными данными по составу торфов, их пригодности для получения инновационных продуктов. Необходимо отработать способы получения биопродуктов и полуфабрикатов на основе торфа разного компонентного и фракционного состава.

Имеются полевое и лабораторное оборудование, программы для составления ГИС.

Методика соответствует лучшим отечественным аналогам.

Потенциальные пользователи разработки – Министерство природных ресурсов Пермского края, малый и средний бизнес России и зарубежья.

В 2011 г. приборная база почвенно-экологических лабораторий будет обновлена и дополнена оборудованием:

- для определения агрохимических показателей почв и ТПО (фотоэлектроколориметры, установки для отгонки и определения аммиака, весы, дистилляторы, иономеры, термостаты, водяные бани, сушильные плиты и др.);
- для биотестирования и биодиагностики почв и ТПО (ростовые камеры, автоклавы, ламинары, шейкер-инкубаторы, микроскопы, центрифуги, стерилизатор воздушный и др.);
- для изучения биохимического состава продукции (ВЭЖХ-система, спектрофотометры, рефрактометры, установки для электрофореза, титрографы, шейкеры и др.);
- для оценки загрязненности почв, ТПО, биопродукции (вольтамперметрический анализатор, спектрофлуориметр, системы для пробоподготовки и др.).

III.6. Направление научной деятельности «Биоразнообразие сосудистых растений Пермского края и его изменения при антропогенном воздействии»

Проект «Биоразнообразие сосудистых растений Пермского края и его изменения при антропогенном воздействии».

Работа над проектом была начата в 1967г. в качестве инициативной темы «Флора Пермской области» (руководитель – профессор А.М.Овеснов) на кафедре морфологии и систематики растений Пермского государственного университета. В начале 70-х гг. XXв. она на несколько лет прервалась в связи со смертью А.М. Овеснова и была возобновлена в конце 70-х гг. (вначале под руководством доцента Т.П. Белковской, а с середины 80-х гг. – под руководством С.А.Овеснова). Современное звучание тема получила в середине 90-х гг. в связи с завершением инвентаризации видового состава сосудистых растений Пермского края и появившейся в результате этого возможности исследования процессов изменения биоразнообразия растений при антропогенных воздействиях как в местах локального, но значительного техногенного влияния, так и на обширных пространствах.

В разработке этой темы были заняты студенты, специализировавшиеся на кафедре, аспиранты и соискатели (С.И. Шилова, Т.В. Козьминых, И.А. Титова, Е.Г.Чугайнова, А.В. Агафонцева, Л.В. Кувшинская и др.), преподаватели кафедры – Т.П. Белковская, С.А. Овеснов, В.М. Яценко, Е.Г. Ефимик.

Под руководством проф. Л.Г. Переведенцевой изучается биоразнообразие агарикоидных базидиомицетов Пермского края, ведется мониторинг состояния грибов в лесных экосистемах. Уделяется внимание процессам трансформации грибов под воздействием экологических факторов.

Полученные материалы были использованы при охране биоразнообразия – при составлении Красных книг Среднего Урала, Пермской области и Пермского края,

включались в Государственный доклад Пермского края «Состояние и охрана окружающей среды Пермского края» (2002 – 2010гг.); при подготовке специалистов биологов и экологов Пермского государственного университета. Также материалы проекта были использованы и используются в международном проекте «Atlas Flora Euroareae».

Эти данные могут быть использованы при проведении биомониторинга состояния окружающей среды, при проведении экологических экспертиз, при оценке ресурсного значения растительного покрова как территории Пермского края в целом, так и отдельных его частей.

При оптимизации приборной базы данный проект мог бы помочь в разработке прогнозов для конкретных экосистем либо при стабильных условиях, либо при их изменении. Основные результаты работ по проекту отражены в публикациях, в том числе:

Овеснов С.А., Ефимик Е.Г., Козьминых Т.В. и др. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / Под ред. С.А. Овеснова. – Пермь: Книжный мир, 2007. – 743 с.

Красная книга Пермского края / науч. ред. А.И. Шепель. – Пермь: Книжный мир, 2008. – 256 с.

Переведенцева Л.Г. Конспект агарикоидных базидиомицетов Пермского края: монография. – Пермь, 2008. – 86 с.

Овеснов С.А., Ефимик Е.Г. Современное состояние биоразнообразия растений в Пермском крае и его динамика под воздействием антропогенных факторов // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. (18-21 октября 2010 г.) / Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010, Т.1, ч.1. – С. 76-80.

Овеснов С.А., Ефимик Е.Г., Плешивых Н.В. Флора и растительность ООПТ «Кваруш» // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2010. Вып 4. – С. 74-85.

Проект находится на уровне лучших отечественных и мировых аналогов.

Потенциальные пользователи: Министерство природных ресурсов Пермского

края, Управление по охране окружающей среды Пермского края и муниципальные Управления по охране окружающей среды.

III.7. Направление научной деятельности «Структура, динамика и рациональное использование сообществ наземных беспозвоночных»

Информационная система «Биологические ресурсы Пермского края».

Ученые Пермского государственного университета стояли у истоков изучения биологических ресурсов Пермского края. Наземные беспозвоночные уникальны своим высоким разнообразием. Информация о видах, обитающих на территории Пермского края, добывалась и накапливалась весь период существования университета. Во второй половине XX века стали появляться обобщающие работы по различным группам насекомых, паукообразных и многоножек, которые заложили основу для формирования Кадастра ресурсов Пермского края по наземным беспозвоночным.

Огромный объем информации по биологическому разнообразию наземных беспозвоночных и их сообществ заставил искать пути обобщения имеющихся данных. Для решения обозначенных выше проблем был разработан прототип базы данных в среде Microsoft Access, на котором отрабатывалась идеология и методика работы с большими массивами данных. Идеология и структура базы были представлены С.Л.Есюниным на 2-ом международном симпозиуме «Информационные и телекоммуникационные ресурсы в зоологии и ботанике» (С.-Петербург, 2001) и получили одобрение.

Включение данных о биологическом разнообразии и структуре биоценозов земельных участков не только делает более обоснованной их оценочную стоимость, но и создает условия для более рационального землепользования. Наличие интегрированных показателей ценности природной среды позволяет оптимизировать средства,

затрачиваемые на проектные и изыскательские работы, оптимизировать финансовое обеспечение природоохранных мероприятий.

Правовая защита обеспечена авторским правом. Описание разработки опубликовано в 5 статьях за период с 2005 по 2010 гг.

Степень готовности: имеется значительный объем фактических данных о природных ресурсах Пермского края. Понятна идеология, методология и алгоритм создания базы данных. Имеется прототип базы данных. Необходима разработка сетевого варианта.

Наличие инфраструктуры: необходимо создание на базе ГИС-центра рабочей группы из специалистов биологов и разработчиков сетевых баз данных.

Проблема сохранения биологического разнообразия сформулирована в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию, где была принята Конвенция о биологическом разнообразии, подписанная более чем 180 странами. В России Конвенция ратифицирована в 1995 г., а в 2001 г. принята Национальная стратегия сохранения биоразнообразия. В соответствии с Указом Президента РФ «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» от 01.04.1996 одним из основных направлений деятельности России в области охраны окружающей среды является сохранение биоразнообразия. Для этого проводятся научно-исследовательские работы по инвентаризации биоразнообразия, разрабатываются методики его оценки.

За рубежом, на современном этапе, разработка информационных ресурсов по биоразнообразию ориентируется на инвен-

таризацию таксономического разнообразия. Наряду с этим существует большое количество сайтов, содержащих информацию в неинтегрированном виде по разным группам и различным территориям. Как первый, так и второй тип ресурсов не представляют возможности накопления и аналитической обработки информации по биоресурсам.

III.8. Направление научной деятельности

«Технологии оценки и управление рисками в наземных экосистемах»

Направление разрабатывается коллективом кафедры биогеоценологии и охраны природы под руководством д.г.н. Бузмакова С.А.

Научные разработки ведутся в области теории антропогенной трансформации экосистем как изменений, прямо или косвенно вызванных деятельностью человека. Изучается трансформация экосистем как единого целого, так и изменений её компонентов – биоты и биотопов. Выделяются основные состояния – автотрофной, гетеротрофной, сапротрофной и абиогенной фазы трансформации, определяется ее направления – деградации и восстановления.

На базе теории разрабатываются технологии оценки и управления рисками в сфере использования ресурсов, сохранения природы, экологической безопасности природопользования.

Разрабатываемые технологии и методы:

1. Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий.
2. Инновационное создание устойчивых экосистем для обеспечения экологической безопасности урбоэкосистем.
3. Восстановление безопасной природной среды на территории нефтепромыслов.

Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Разработка создана на кафедре биогеоценологии и охраны природы в 2004 г. Авторы разработки – С.А. Бузмаков, С.А. Овеснов, А.И. Шепель, А.А. Зайцев.

Разрабатываемая информационная система предполагает возможность, как распределенного хранения информации, так и распределенной ее обработки. Иначе говоря, у научных коллективов институтов, вузов, заповедников появляется возможность накопления и представления получаемых ими данных в единой информационной системе.

Методика «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий» разработана для проведения работ по мониторингу ООПТ Пермского края. Она основана на современных теоретических представлениях об оценке природной среды, учитывает нормативные и методические документы. Экологическая оценка в системе мониторинга ООПТ представляет собой определение состояния природной среды или степени воздействия на нее каких-либо антропогенных факторов. Оценка изменений состояния природной среды и направлений этих изменений дает ответ на вопрос о неблагоприятии положения, помогает определить действия, направленные на восстановление или нормализацию экосистем на ООПТ.

Основной показатель методики – степень деградации. В разработанной шкале степень деградации экосистем и их компонентов на ООПТ предлагается характеризовать шестью ступенями:

0 – недеградированные. Фоновое, естественное состояние, воздействия отсутствуют;

1 – очень слабodeградированные. Изменения экосистем и воздействия незначительные;

2 – слабodeградированные. Экосистемы явно изменены и подвергались воздействиям;

3 – среднедеградированные. Экосистемы явно подвергались существенным изменениям и воздействиям;

4 – сильнодеградированные. Экосистемы радикально изменены;

5 – очень сильнодеградированные. Экосистемы существенно нарушены. Естественное восстановление крайне затруднено.

Приборная база для выполнения оценки состояния ООПТ включает GPS-оборудование, лесотаксационные приборы для измерения параметров древостоя, персональные компьютеры для обработки данных. Для измерения дополнительных параметров состояния растительности приобретен флуориметр Фотон-10. Прибор предназначен для регистрации у различных растительных объектов (хлоропласты, водоросли, хвоя и листья растений, лишайники) нескольких параметров замедленной и варибельной флуоресценции хлорофилла. Данный показатель позволит выполнить оценку степени воздействия техногенных выбросов в атмосферу на растительность. Для измерения дополнительных параметров древесной растительности планируется приобретение электронного дендрометра. В рамках общего изучения структуры почвы будет приобретен цилиндрический почвенный бур.



Флуориметр Фотон-10

Создана база данных особо охраняемых природных территорий Пермского края. Свидетельство о регистрации № 17082 от 16 мая 2011 года. Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» (ОФЭРНиО) ИНИМ РАО.

Основные публикации, отражающие элементы разработки:

Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация экосистем и создание сети особо охраняемых природных территорий города // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. (18-21 октября 2010г.). Перм.гос.ун-т. Пермь, 2010. Т.Ш.,С.39-42.

Зайцев А.А. Оценка современного состояния ООПТ Пермского края // Наука, природа и общество. Материалы конференции. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 255-258.

Бузмаков С.А. Состояние и перспективы развития сети ООПТ Пермского края// Наука, природа и общество. Материалы конференции. Миасс-Екатеринбург, УрО РАН, 2010. С.236-239.

Зайцев А.А. Особо охраняемые природные территории Коми-Пермяцкого округа Пермского края / Антропогенная трансформация природной среды г.Пермь, 2009. С. 98-105.

Зайцев А.А. Экологический мониторинг особо охраняемых природных территорий Пермского края / Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. науч.т. /ПГУ. – Пермь, 2006. – 326 с.

Разработка применяется при выполнении работ по мониторингу ООПТ регионального значения Пермского края на протяжении нескольких лет и зарекомендовала себя как эффективный и качественный инструмент для изучения состояния природных компонентов и экосистем в целом. Важным результатом применения методики является изучение антропогенной трансформации экосистем.

Научно-технический уровень технологии по экологической оценке состояния особо охраняемых природных территорий соответствует лучшим мировым аналогам.

Результаты о состоянии особо охраняемых природных территорий могут быть использованы органами государственного контроля, заказчиками (инвесторами) хозяйственной и иной деятельности, разработчиками предпроектной и проектной документации, органами заинтересованных организаций и лицами, участвующими в обсуждении состояния ООПТ.

Инновационное создание устойчивых экосистем для обеспечения экологической безопасности урбоэкосистем.

Технология создается на кафедре биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного университета с 2011г. Работы планируется завершить к 2013г.

Данная технология имеет два аспекта: сохранение и/или восстановление ландшафтного и биологического разнообразия, которые имеют первостепенное значение в формировании благоприятной окружающей среды. Предусмотрено внедрение системы экологического образования и просвещения (экологический менеджмент).

Сохранение и/или восстановление ландшафтного и биологического разнообразия. Ландшафтное разнообразие включает свидетельства об истории Земли, прошлой жизни, экосистемах, среде и диапазоне современных процессов (биологических, гидрологических и атмосферных), проявляющихся в породах, рельефе суши и почве. Ландшафтное разнообразие определяет биологическое разнообразие. Сохранение и инвестирование в охрану живой природы России – экономически выгодные мероприятия именно в нашей стране.

Данная технология направлена на сохранение ландшафтного разнообразия и увеличение биологического разнообразия, имеющее ключевое экологическое, социальное, экономическое и эстетическое значение. Центральное место занимает создание системы устойчивых зеленых насаждений – необходимого условия благоприятной окружающей городской среды. Озеленение включает три аспекта: озеленение территории (создание газонов, композиционных групп и т.д.); озеленение зданий; озеленение интерьера зданий.

Озеленение территории включает формирование эстетических, функциональных и устойчивых насаждений, привлекательных для обитания аборигенных видов животных, с этой целью необходимо:

а) увеличение ярусности (до 2-3 древесных, 3-4 кустарниковых, 2-3 травяных) экосистем;

б) создание функциональных посадок, например, защитного характера (шум, загрязнения).

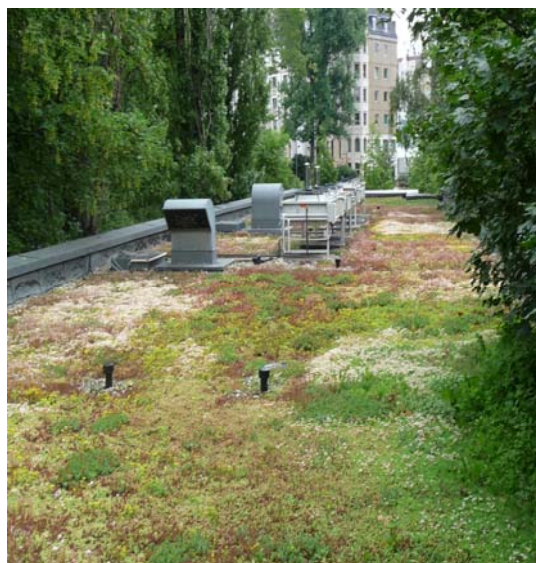
Результат: устойчивые и продуктивные насаждения, эстетичный вид – больше «зеленого пространства» для отдыха и обитания животных.

Озеленение зданий проводится в следующих направлениях:

а) озеленение крыш с травяным растительным покровом. При этом требуется минимальный почвенный слой и разрешается хождение только по специальным дорожкам, особый уход не требуется;

б) озеленение фасадов зданий.

Озеленение зданий способствуют энерго-эффективности (охлаждение помещения летом, теплоизоляция зимой), фильтрации и очистке воды и воздуха от токсинов, уменьшению выбросов CO₂, сохранению дождевой воды от испарения, снижению температуры городской среды и смога, изоляции от различных шумов, сохранению и улучшению биоразнообразия.



Травяной растительный покров на крыше здания

Озеленение интерьера зданий способствует насыщению воздуха кислородом; очищению воздуха от пыли; увлажнению воздуха в помещении («производительность» за счет естественного испарения влаги до 195 мл./час с одного кв.м. живого ковра); способствует повышению психологического комфорта в помещении; эконо-

мии средств на кондиционировании помещения.

Проект успешно развивается на базе лабораторий кафедры биогеоценологии и охраны природы и ботанического сада университета.

Разработана база данных:

Бузмаков С.А., Андреев Д.Н., Кулакова С.А., Зайцев А.А., Гатина Е.Л. Геоинформационная система «Черняевский лесопарк» // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №15274 27.01.2010 Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» (ОФЭРНиО) ИНИМ РАО.

Основные положения технологии опубликованы:

Кулакова С.А. Зеленые насаждения г. Перми // Антропогенная трансформация природной среды. - материалы междунар. семинара (14-17 сентября) / Перм. гос. ун-т. - Пермь. 2009. С. 27-33.

Научно-технический уровень соответствует лучшим мировым аналогам.

Данная разработка имеет практическое значение, результаты могут быть успешно внедрены на уровне отдельного предприятия, административного района и т.д., представляет интерес муниципальных служб, представителей бизнес-структур. С учетом того, что площадь зеленых насаждений ежегодно снижается, и в условиях плотной городской застройки нет возможности для проектирования и размещения значительных компенсационных площадей насаждений, то формирование устойчивых, функциональных и продуктивных насаждений выполняющих важные экологические и эстетические функции, является актуальной и необходимой задачей.

Прорабатывается совместный международный авант-проект «Инновационное создание устойчивых лесных экосистем для обеспечения безопасности» для Федерального министерства по науке и исследованиям (ВМБФ) Германии. Среди участников проекта, помимо кафедры биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного университета, Институт сельскохозяйственных и городских эколо-

гических проектов при Берлинском университете им. А. и В. Гумбольдтов (Германия).

Восстановление безопасной природной среды на территории нефтепромыслов.

Развитие промышленного производства неразрывно связано с техногенными изменениями природной среды, однако нет причин для неизбежного ухудшения ее качества при управлении взаимодействием общества и природы на основе закономерностей техногенной трансформации экосистем. Полученные закономерности трансформации наземных экосистем позволяет решать задачи по формированию экологической политики нефтедобывающих предприятий, организации комплексного природопользования. Полученные результаты позволяют оптимизировать рекультивацию нефтезагрязненных земель и утилизацию отходов. Технология направлена на повышение экологической безопасности нефтедобывающих предприятий, на которых и предполагается её внедрение.

Основные публикации, отражающие элементы разработки:

Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Перм. ун-т, 2003. 171с.

Бузмаков С.А., Башин Г.П. Метод оценки воздействия остаточных нефтепродуктов на почвы // География и природные ресурсы. 2004. №2. С.119-122.

Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. №1. С.20-24.

Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Природно-техногенные экосистемы на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. №1. С.39-44.

В настоящее время идет подготовка ноу-хау, возможно патентование технологий.

Научно-технический уровень соответствует лучшим отечественным аналогам. К

потенциальным пользователям разработки относятся нефтедобывающие компании.

IV. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАН И ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

IV.1. Направление научной деятельности «Математическое моделирование и информационные технологии в задачах прогнозирования и управления социально-экономическим развитием стран и территорий»

Направление «**Математическое моделирование и информационные технологии в задачах прогнозирования и управления социально-экономическим развитием стран и территорий**» разрабатывается на кафедре информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного университета.

За 40 лет работы кафедрой накоплен значительный позитивный опыт разработки подходов, методов, алгоритмов и комплексов программ, ориентированных на принятие решений в сфере прогнозирования и управления для реальных социально-экономических систем всех уровней. Полученные результаты используются при создании информационно-аналитических систем общего и специфического назначения и программных комплексов, ориентированных на информационно-технологическое обеспечение рационального природопользования, прогнозирования и управления процессами социально-экономического развития РФ, отдельных территорий, отраслей экономики, социальной сферы, финансовых рынков и экономических субъектов.

В 2010 году на базе кафедры была создана Лаборатория информационных технологий в прогнозировании и управлении процессами социально-экономического развития под руководством доктора физико-математических наук, профессора В.П.Максимова. В обеспечении ее функционирования принимают участие специа-

листы высокого уровня: три доктора физико-математических наук и 10 кандидатов экономических и физико-математических наук. Для осуществления научных исследований Лаборатория привлекает ведущих российских и зарубежных ученых и экспертов.

Деятельность лаборатории связана с тремя взаимосвязанными и взаимно дополняющими направлениями, соответственно, в ее структуре можно выделить следующие секторы:

- сектор моделирования динамических процессов, занимающийся разработкой методов и технологий построения моделей социально-экономических процессов;

- сектор конструктивных методов исследования динамических моделей, отвечающий за конструктивные методы исследования краевых задач и задач управления для классов динамических моделей, включающих модели с последствием, импульсными возмущениями и гибридные модели;

- сектор исследования финансовых рынков и институтов и процессов управления рисками «RiskLab», занимающийся исследованиями в области финансов с применением методов математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Лаборатория оснащена высокопроизводительным вычислительным оборудованием, позволяющим производить сложные расчеты в прогнозировании макроэкономических процессов и региональной эко-

номики; моделировании социально-экономического развития и финансово-бюджетной сферы; анализе и мониторинге финансово-хозяйственной деятельности предприятий; моделировании и управлении в банках и финансовых институтах; анализе и управлении финансовыми рисками; планировании и бюджетировании.

Использование фундаментальных научных разработок в сочетании с современными информационными технологиями позволяет создавать программные продукты международного уровня: в настоящее время на российском рынке отсутствуют прямые аналоги разрабатываемых в рамках проекта информационно-аналитических систем, можно выделить только программные разработки, имеющие частичное сходство по отдельным функциональным возможностям. А благодаря сочетанию комплексного информационного, инструментального и методологического обеспечения, информационно-аналитические системы представляют собой уникальные по своим возможностям программные комплексы, имеющие аналоги только среди зарубежных компаний – мировых лидеров в секторе информационных технологий и консалтинга.

Несмотря на то, что научные исследования в рамках проекта продолжаются, информационно-аналитические системы готовы к практическому использованию, они активно применяются в органах государственной власти, на крупных промышленных предприятиях и в транснациональных корпорациях, в банках и ведущих международных финансовых институтах.

Публикации, в которых приведено описание разработок:

Andrianov D.L. Difference Equations and the Elaboration of Computer Systems for Monitoring and Forecasting socioeconomic Development of the Country and Territories, Proceedings of the Conference on Differential & Difference Equations and Applications/ Hindawi Publishing Corporation. New York, 2006. P. 1231-1237.

Андреанов Д.Л., Селянин А.О. и др. Целевое управление процессами социально-экономического развития субъектов Российской Федерации: моделирование, информационное, математическое и инструментальное обеспечение/ Перм. гос. ун-т. Пермь, 2008. 239 с.

Maksimov V.P. Theory of functional differential equations and some problems in economic dynamics// Proceedings of the Conference on Differential and Difference Equations and Applications/ Hindawi Publishing Corporation. New York, 2006. P. 757-765.

Проекты, выполненные в рамках направления:

«Управление процессами социально-экономического развития: разработка систем информационной и интеллектуальной поддержки на основе теории доказательного вычислительного эксперимента». Программа «Развитие научного потенциала высшей школы». РНП №7803, 2006-2008 гг. Рук. Д.Л. Андреанов.

«Исследование достижимости показателей социально-экономического развития и построение программных управляющих воздействий для региональных социально-экономических систем. Методы, алгоритмы, компьютерная реализация». РФФИ №04-06-96002, 2004-2006 гг. Рук. В.П. Максимов.

IV. 2. Направление научной деятельности

«Модернизация национальной экономики как основа стратегической инновационной конкурентоспособности»

Базовым подразделением, на котором разрабатывается направление «Модернизация национальной экономики как основа стратегической инновационной конкурентоспособности», является кафедра национальной экономики и экономической безо-

пасности экономического факультета Пермского государственного университета.

В рамках данного направления разрабатываются теоретические, методологические и методические аспекты проблемати-

ки структурной модернизации национальной экономики в контексте инновационного развития и рационального природопользования.

В настоящее время в рамках научных исследований разработаны и активно применяются для дальнейшего научного поиска и прикладных работ следующие технологии:

- теоретико-методологическое обеспечение структурной модернизации экономики – модель структурной модернизации экономики;

- терминологическое обеспечение организации и управления инновационной деятельностью – словарь инновационных терминов;

- методическое обеспечение оценки инновационной конкурентоспособности – методика оценки инновационной конкурентоспособности различных хозяйствующих субъектов;

- теоретико-методологическое обоснование формирования кластеров инновационной активности – моделирование инновационных кластеров;

- теоретико-методологическое обеспечение развития научно-технического и инновационного потенциалов региона;

- теоретико-методологическое обеспечение механизма функционирования хозяйствующих субъектов на принципах рационального природопользования, устойчивого развития и ресурсосбережения – адаптированная модель устойчивого развития;

- теоретико-методологическое обеспечение стратегического планирования и прогнозирования инновационного развития и структурной модернизации экономических систем.

Все технологии являются взаимосвязанными между собой, дополняют друг друга, углубляют отдельные направления исследований в рамках общей задачи исследования структурной модернизации экономики на принципах инновационности, устойчивого развития, ресурсосбережения и рационального природопользования.

Усиление в настоящее время значимости вопросов рационального природополь-

зования, экологической безопасности и бережного (рационального) расходования имеющихся природных ресурсов (особенно не возобновляемых), особая прикладная значимость для достижения целевых установок институциональных и структурных реформ, осуществляемых в настоящее время в стране, потребности ускорения инновационного развития общества, а также необходимость расширения области применения инструментария прогнозирования и моделирования в управлении различными социально-экономическими системами, привело к выделению в качестве самостоятельного направления в проблематике научных исследований коллектива кафедры национальной экономики и экономической безопасности такой тематики как «Прогнозирование инновационного развития и структурной модернизации экономических систем в направлении рационального природопользования», работа в рамках которого началась два года назад.

Теоретико-методологическое обеспечение структурной модернизации экономики.

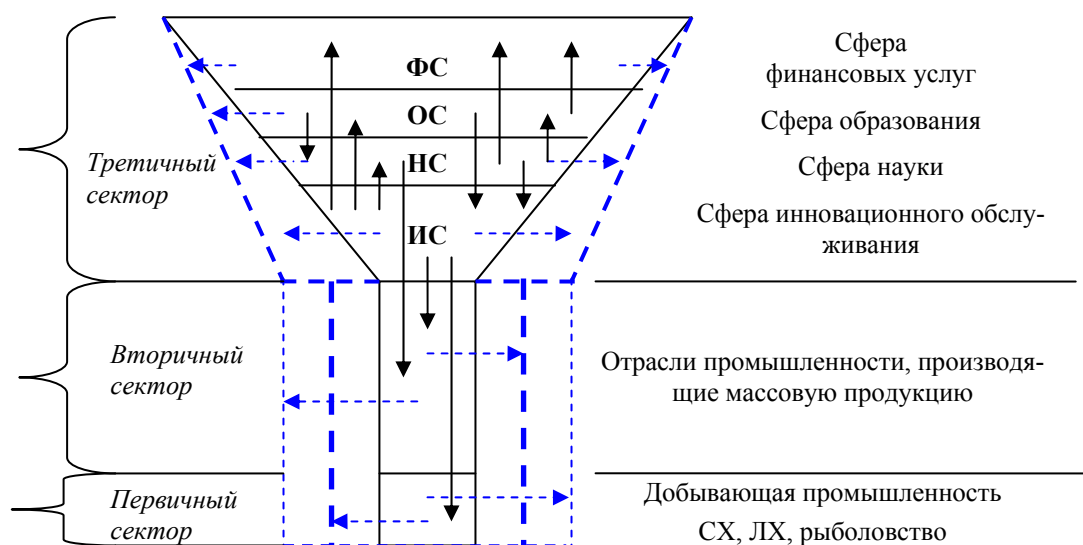
Разработаны теоретическое и методологическое обеспечение программ структурной модернизации экономики.

Разработка создана в период 2006-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Автор – д.э.н., проф. Мингалева Ж.А.

Научная разработка включает теоретическую и экономико-математическую модели структурной модернизации экономики с учетом влияния инновационных и институциональных факторов развития. На основе анализа динамики отраслевой и секторальной структуры экономики развитых зарубежных стран и России выявлена трансформация отраслевой структуры экономики в «бокалообразную» форму (рис.), обладающую меньшей устойчивостью к кризисам и иным стрессам по сравнению с пирамидальной и эллипсоидной формами, существовавших на предшествующих стадиях развития (в индустриальной экономике). Решение проблемы неустойчивости

структуры, а также ее формирования в соответствии требованиями становления инновационной «экономики знаний» предполагает проведение комплексной и после-

довательной структурной модернизации экономики.



Направления воздействия политики структурной модернизации для формирования устойчивой секторальной структуры экономики

Результаты научной разработки используются:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по государственному регулированию экономики, инновационному развитию, инвестиционному менеджменту и других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ.

Исследование было поддержано Фондом Евразия (EERC) – грант «Влияние стратегии инновационного развития региона на его отраслевую структуру»; Российским гуманитарным научным фондом (РГНФ) – грант «Изменения в отраслевой структуре хозяйства и проблемы экономического развития»; Федеральным агентст-

вом по образованию – Темплан-2010 ГОУ ВПО ПГУ «Структурная модернизация экономики и инновационное развитие».

Результаты исследования представлены в монографиях и научных статьях, среди которых:

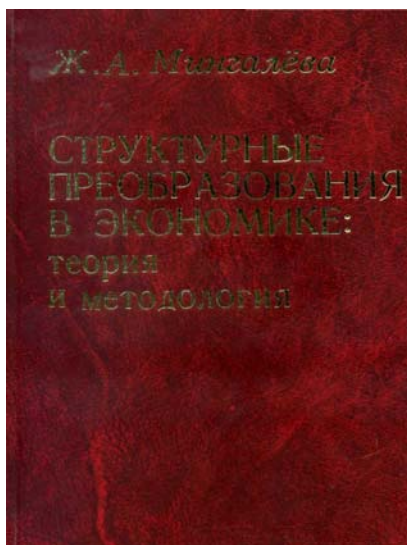
Мингалева Ж.А. Структурные преобразования в экономике: теория и методология. - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2005. – 246 с.

Мингалева Ж.А. Механизм инвестирования прогрессивных структурных сдвигов в экономике: проблемы и решения. - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2006. – 476 с.

Мингалева Ж.А. Развитие инвестиционных механизмов управления прогрессивными структурными сдвигами// Вестник Пермского университета. Вып.9(14). 2007. С.44-52.

Модернизация национальной экономики: сб.науч.статей /под общ. ред. Ж.А. Мингалевой; Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2010. – 146 с.

Мингалева Ж.А. Институциональные аспекты экономической модернизации//В мире научных открытий, 2010, № 3 (09), часть 3. С.134-139.



Разработка апробирована, результаты опубликованы и широко применяются во всех сферах деятельности: образовательной, научной, управленческой и др. Разработаны теоретическая и экономико-математическая модели структурной модернизации экономики, комплексная методика исследования экономической и институциональной структуры страны и региона. В настоящее время проводится дополнение разработанных положений в соответствии с современными реалиями развития.

Вся необходимая для реализации разработки инфраструктура имеется в наличии.

Разработка является одной из наиболее комплексных и системных среди отечественных моделей экономической модернизации.

Потенциальные пользователи разработки: работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; руководители предприятий и организаций; предприниматели, бизнесмены; работники научной сферы, студенты, аспиранты; инвесторы (отечественные и зарубежные).

Терминологическое обеспечение организации и управления инновационной деятельностью – словарь инновационных терминов.

Создан словарь современной терминологии в области инновационной деятельности.

Словарь создавался в период 2003-2004гг. коллективом кафедры экономической теории и мировой экономики Пермского государственного университета. Авторы д.э.н., проф. Мингалева Ж.А., к.э.н. доц. Григорьян (Гайфутдинова) О.С.

Словарь используется:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ (ссылки на словарь присутствуют более чем в 40 диссертациях на соискание степени кандидата наук по специальностям 08.00.05, 08.00.13, 05.13.10, 22.00.04, защищенных в 2006-2010 гг. в диссертационных советах в городах: Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Орел, Томск, Хабаровск, Казань, Пермь (Россия), Донецк, Киев (Украина) и др.;

- в качестве учебной и методической литературы при чтении курсов по инновационному менеджменту в российских вузах (например: Харченко К.В. Инновационный менеджмент: сценарии семинарских занятий. Белгород, БелГУ, 2006 г. – 104 с. Также имеется электронный доступ: <http://leveltar.narod.ru/a/inn.pdf>; Кошарная Г.Б. Инновационный кадровый менедж-

мент//URL:<http://www.smartcat.ru/Personnel/innovacionnyukadrovyumenedzhmentCA.shtml>);

- в качестве консультационного источника при проведении исследовательских работ (например, Инновационный путь развития республики Карелия/ А.Е. Курило, Е.Г. Немкович, П.В. Дружинин, Ю.В. Савельев, А.И. Шишкин, А.М. Цыпук, Петрозаводск. Карельский научный центр Российской академии наук. Институт экономики, 2007);

- в качестве образовательного источника при проведении профессионального обучения руководителей и специалистов в области инноваций Пермского края: Словарь инновационных терминов/ Фонд «управление инновациями» ГОУ ДПО ИПК РМЦПК;

- на форумах в социально-образовательных сетях (например, <http://www.fakultet.net/forum/index.php?showtopic=60&pid=62887&mode=threaded&show=&st=&>)

Словарь представлен, в том числе, в электронном виде. Поэтому возможно его

свободное размещение в сети Интернет, на сайтах и т.д. Словарь размещен на сайтах:

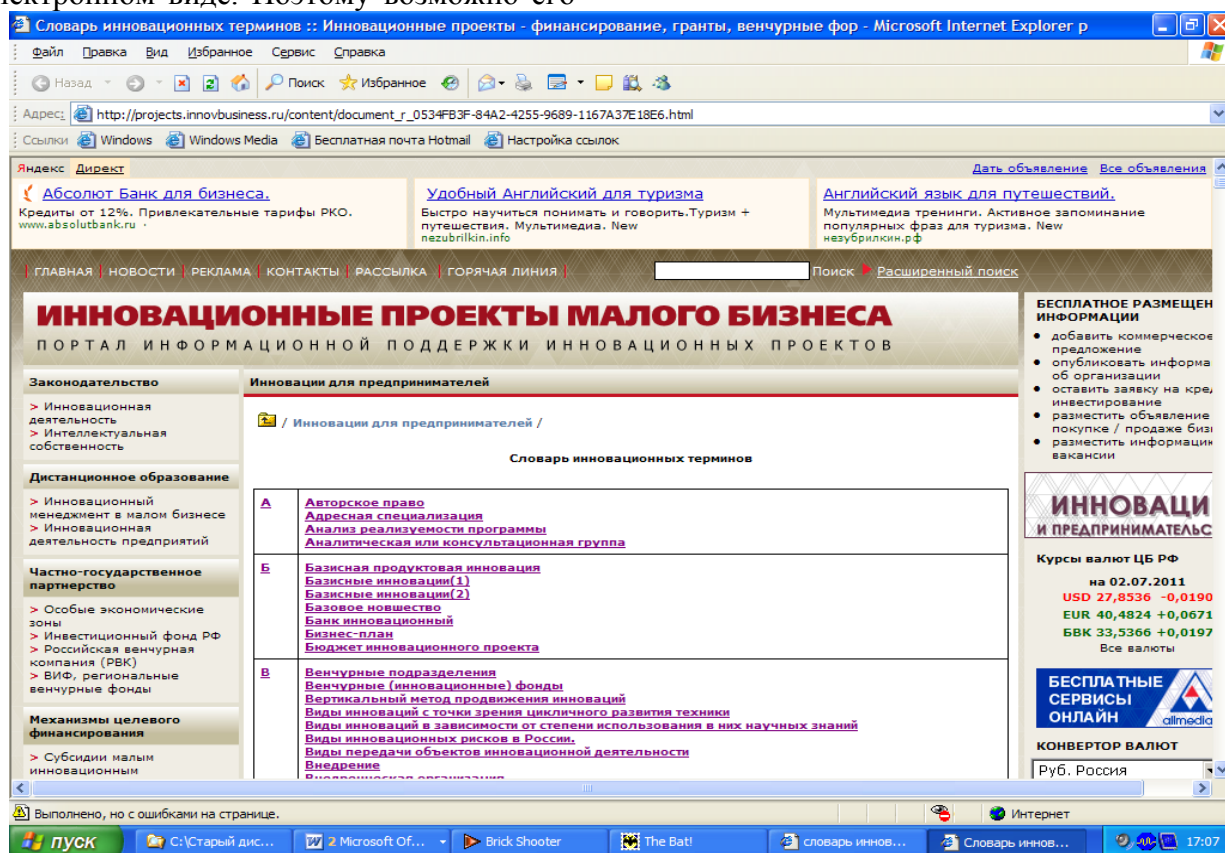
- Информационно-инновационный портал Пермского края: URL: <http://www.pfo-perm.ru/Dictionary.asp>;

- Рубрикатор Администрации Пермской области, департамент промышленности и науки: URL: <http://iii03.pfo-perm.ru/Menu.htm>;

- Портал информационной поддержки инноваций и бизнеса. URL: http://www.innovbusiness.ru/content/document_r_0534FB3F-84A2-4255-9689-1167A37E18E6.html;

- Сайт Пермского ЦНТИ. Материалы научно-практических конференций. Глоссарий// URL: <http://iii04.pfo-perm.ru/Data/GOLOS/GOLOS1.htm>.

Размещен в монографии: Формирование инновационной конкурентоспособности хозяйствующих субъектов / Ж.А. Мингалева, О.С. Гайфутдинова, Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2007. С.209-302.



Словарь опубликован и широко применяется во всех сферах деятельности: обра-

зовательной, научной, управленческой, консалтинговой и др. В настоящее время

проводится доработка и дополнение словаря соответственно современным тенденциям развития, а также произошедшим изменениям с 2003 г. в области осуществления инновационной деятельности.

В России нет аналогичных полных словарей инновационной деятельности, размещенных на Интернет-сайтах.

Потенциальными пользователями разработки являются инноваторы; предприниматели; руководители предприятий и организаций; работники исследовательских учреждений; научные деятели; студенты; аспиранты; представители муниципалитетов, региональных и федеральных органов власти.

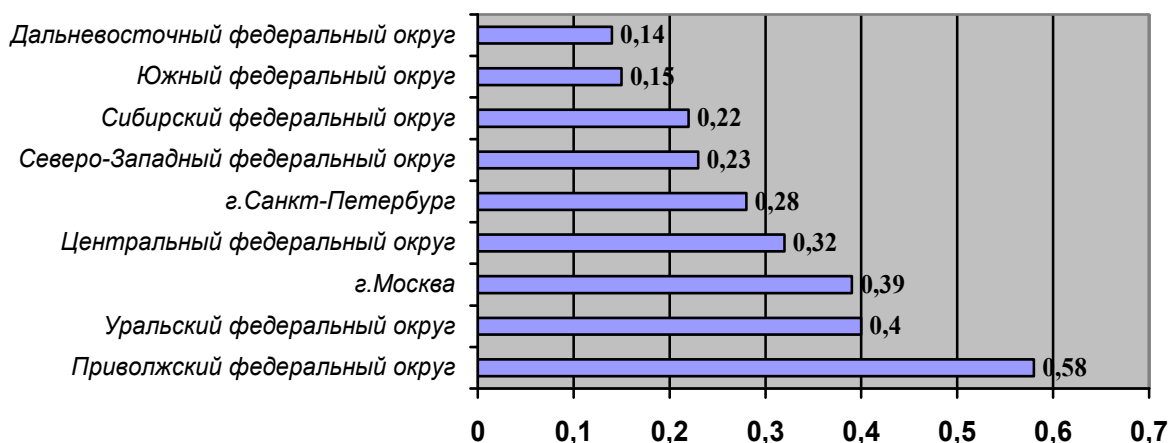
Методическое обеспечение оценки инновационной конкурентоспособности.

Разрабатывается теория, методология и методики оценки инновационной конкурентоспособности хозяйствующих субъектов. Разработка выполнена в период 2005-2011гг. на кафедре национальной эконо-

мики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Авторы – д.э.н., проф. Мингалева Ж.А., к.э.н., доц. Гайфутдинова О.С.

Методика оценки инновационной конкурентоспособности применяется для анализа активности инновационной деятельности предприятий, отраслей, регионов и страны в целом, в том числе их сравнительного анализа (см. рис.).

Применение методики позволяет выявить слабые и сильные стороны инновационного развития конкретного хозяйствующего субъекта, условия и факторы, влияющие на эффективность осуществления инноваций. Методика позволяет осуществлять ранжирование хозяйствующих субъектов по уровню развития инновационной деятельности, провести их сравнение с аналогичными субъектами в целом и по отдельным параметрам, оказывающим непосредственное влияние на инновационную конкурентоспособность.



Усредненный показатель инновационной конкурентоспособности по округам и отдельным городам Российской Федерации

Методика может быть использована фирмами и организациями для анализа собственного конкурентного положения, приобретаемого за счет активной инновационной позиции, при формировании инновационной стратегии выхода на новый рынок, расширения имеющегося рынка и других действий, связанных с конкурентоспособностью товара, услуги, рыночной позиции, бизнеса и т.д.

Апробация методики была проведена на уровне регионов России – субъектов Приволжского и Уральского Федерального округов.

Для региона значимость данной методики заключается в том, что ее использование дает возможность анализа и оценки, с точки зрения успеха инновационного развития, мероприятий, проводимых в регионе и нацеленных на активизацию инно-

вационной деятельности; выявление слабых и сильных сторон концепции инновационного развития; формирования мероприятий, направленных на устранение факторов, тормозящих развитие сферы инновационной деятельности; сравнения уровня инновационной активности с аналогичными территориями и транслирование успешного опыта.

Результаты научной разработки используются:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по инновационному развитию, экономике инноваций, экономике фирмы, региональной экономике, национальной экономике, инновационному менеджменту и других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ. Исследование поддержано Российским гуманитарным научным фондом (РГНФ): грант «Инновационное развитие региона как основа повышения его конкурентоспособности».

Результаты исследования представлены в монографиях:

Мингалева Ж.А., Гайфутдинова О.С. Формирование инновационной конкурентоспособности хозяйствующих субъектов. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2007. 317 с.

Оценка инновационного и научно-технического потенциала и инновационной конкурентоспособности регионов/ Ж.А. Мингалева // Регион в новой парадигме пространственной организации России. - М., Экономика, 2007. с.556-576.

Основные методологические подходы к оценке уровня инновационной конкурентоспособности экономических систем/ Методология планирования инновационного развития экономических систем// Минга-

лева Ж.А., Гайфутдинова О.С. СПб, 2008. С. 648-681.



Основные статьи авторов разработки, посвященные вопросам инновационной конкурентоспособности:

Гайфутдинова О.С. Подходы к определению инновационной конкурентоспособности на примере кабельной промышленности// Кабели и провода №4 (299), 2006. С.31-35.

Гайфутдинова О.С. Инновационная конкурентоспособность как фактор укрепления национальной экономической безопасности// Национальные интересы: приоритеты и безопасность. № 19 (52). 2009. С.8-13.

Основные инструменты в рамках методики разработаны и апробированы. В настоящее время проводится дополнение и развитие методики в соответствии с особенностями иерархического подхода, изменениями в статистических расчетах, а также на основе дальнейшего анализа изучаемой категории.

Вся необходимая инфраструктура для реализации методики имеется в наличии.

Разработка является первой и наиболее полной среди отечественных методик оценки инновационной конкурентоспособности.

Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; руководители предприятий и организаций; предприниматели, бизнесмены; статистические органы на региональном и федеральном уровнях; ра-

ботники научной сферы; студенты; аспиранты; инноваторы; инвесторы (отечественные и зарубежные).

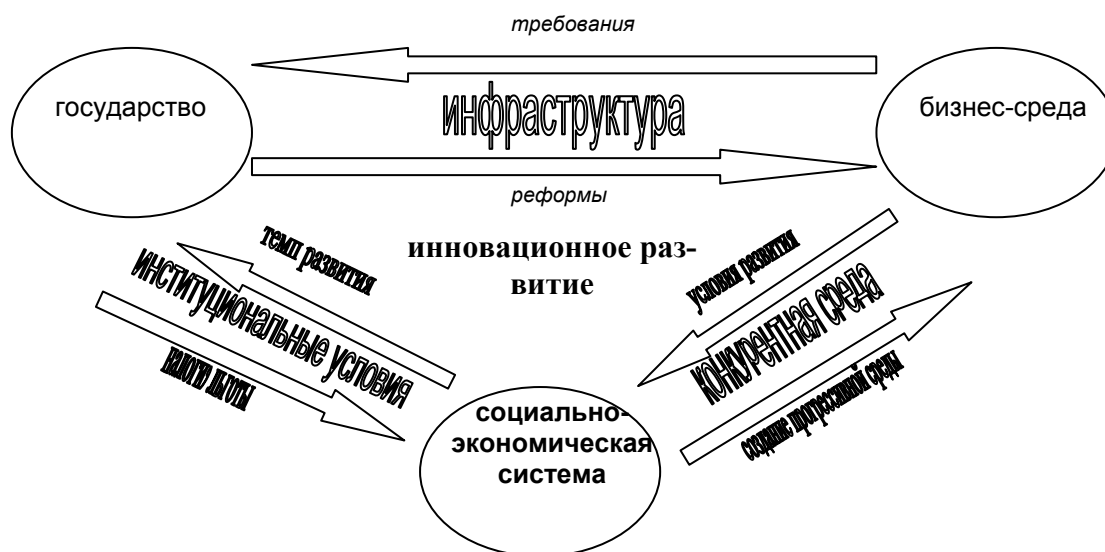
«Теоретико-методологическое обеспечение управления инновационным развитием социально-экономических систем».

Разработаны теория, методология и методики управления инновационным развитием социально-экономических систем.

Разработка создавалась в период 2000-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Авторы – д.э.н., проф. Ж.А.Мингалева, к.э.н., доц. О.С. Гайфутдинова, к.ю.н., доц. И.Ю. Мирских, асс. Е.В.Подгорнова.

Научная разработка включает построение базовой теоретической и экономико-математической модели управления инновационным развитием с учетом институциональных и инфраструктурных факторов развития. В рамках исследования доказано, что обеспечение эффективного управления инновационным развитием социально-экономической системы (в том числе региона), с одной стороны, требует адекватных ей институциональных изменений в обществе, а с другой стороны – непосредственно зависит от этих измене-

ний, поскольку любые реформы в обществе должны базироваться и подкрепляться соответствующими институциональными реформами. В рамках научной разработки: проанализировано влияние различных инструментов государственного воздействия на направления и темпы инновационного развития региона, включая правовые, налоговые инструменты и пр.; раскрыто значение для осуществления инновационной деятельности соответствия норм российского права по охране и использованию результатов интеллектуальной деятельности нормам и принципам международного права; выявлены основные институциональные и инфраструктурные факторы, влияющие на активность инновационной деятельности; сформулированы направления и задачи реформирования институтов власти и управления на всех уровнях иерархии, создание такой институциональной структуры, которая была бы адекватна проводимым мероприятиям в области развития инноваций и становления «экономик знаний» и обеспечивала бы их поддержку со стороны органов власти; обоснована необходимость создания прогрессивной институциональной среды ведения бизнеса, формирования благоприятных условий для его развития, более активного внедрения инноваций и т.д.



Результаты научной разработки используются:

Модель управления инновационным развитием социально-экономической системы - в качестве научного источника при написании диссертационных работ на со-

искание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по инновационному развитию, экономике инноваций, региональной экономике, национальной экономике и других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ. Исследование было поддержано: Московским общественным научным фондом при поддержке Агентства США по международному развитию (USAID), грант «Влияние налоговых каникул на инновационное развитие региона»; Российским гуманитарным научным фондом (РГНФ): гранты «Исследовательский портал «Инновационное развитие региона»; «Коллизии норм международного и российского права в сфере использования и охраны результатов интеллектуальной деятельности».

Результаты исследования представлены в монографиях и научных статьях авторов разработки:

Мингалева Ж.А. Институциональный базис регулирования инновационной деятельности в социально-экономических системах (раздел в колл. монографии) // Управление инновационным развитием социально-экономических систем. РАН, УрО, Ин-т экономики. – Екатеринбург, 2010. – 519 с.

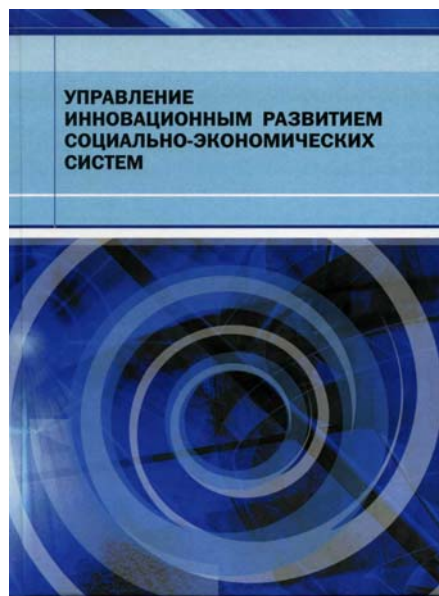
Mingaleva Z. Innovation activities Infrastructure as Multi-Agent System / The 4th Annual Meeting of the Japan Association for Evolutionary Economics. JAFEE 2000. Tokyo, Japan, 2000.

Mingaleva Zh., Gayfutdinova O., Podgornova E. Forming of Institutional Mechanism of Region's Innovative Development// World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol.58, Venice, October 2009. P.783-793.

Mingaleva Zh., Mirskikh I. On Innovation and Knowledge Economy in Russia// World

Academy of Science, Engineering and Technology. Issue 66, June 2010. P.157-166.

Мингалева Ж.А. Формирование комплексной системы государственных мер стимулирования инновационной деятельности в России// Научно-технические ведомости СПбГПУ. № 3 (99)' 2010. Экономические науки. С.12-19.



Основные инструменты в рамках методики разработаны и апробированы. В настоящее время проводится дополнение и развитие моделей и методики в соответствии с изменившимися институциональными и инфраструктурными условиями развития.

Вся необходимая для реализации технологии инфраструктура имеется в наличии.

Разработка является важной для развития отечественных исследований проблематики инновационного развития.

Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; руководители предприятий и организаций; предприниматели, бизнесмены; патентные поверенные; изобретатели, инноваторы; работники научной сферы, студенты, аспиранты; инвесторы.

Теоретико-методологическое обоснование формирования кластеров инновационной активности.

Разработка выполнена в период 2006-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Авторы – д.э.н., проф. Ж.А.Мингалева, к.э.н., доц. О.С.Гайфутдинова, к.э.н. Ю.Д.

Кузьмина, к.э.н. И.И. Максименко.

Научная разработка включает вопросы формирования основных теоретических, методологических и методических положений по созданию кластеров инновационной активности, оценке общих и специфических условий их создания и успешного развития как на национальном уровне, так и в рамках отдельных территорий (регионов и межрегиональных объединений), а также оценке факторов их устойчивого функционирования.

В рамках научной разработки конкретизируется и уточняется понятийный аппарат и теоретические основы создания и функционирования инновационных кластеров; выявляются факторы, определяющие успешность создания кластеров на отдельных территориях, разрабатывается система критериев и показателей оценки эффективности функционирования инновационных кластеров.



Модель циклического кластерного развития

В настоящее время в рамках разрабатываемой темы ведутся работы по формулированию методологических и методических положений по комплексной оценке условий и факторов создания и функционирования инновационных кластеров с учетом требований устойчивого развития и максимального использования имеющихся потенциалов роста; выявлению общих черт

и особенностей создания и функционирования инновационных кластеров в регионах с различным уровнем социально-экономического развития; созданию методики оценки региональных факторов и условий на успешность создания и функционирования инновационных кластеров в различных регионах; разработке рекомендаций по формированию инновационных

кластеров на конкретных территориях с учетом интересов всех заинтересованных субъектов и сторон, а также решения общенациональных и региональных задач.

Практическая значимость для региона заключается в том, что, учитывая типичность проблем осуществления инновационной деятельности для большинства регионов России, рекомендации по развитию инновационной деятельности на основе кластерной формы, полученные в ходе реализации научной разработки, могут быть применены при осуществлении региональной промышленной и научно-технической политики, при разработке региональных программ стимулирования инновационной активности.

Результаты научной разработки используются:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по инновационному развитию, экономике инноваций, инновационному менеджменту и других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ. Исследование поддержано: Российским гуманитарным научным фондом (РГНФ): грант «Оценка национальных и региональных особенностей создания кластеров инновационной активности».

Результаты исследования представлены в монографиях и научных статьях авторов разработки:

Мингалева Ж.А. Общие и специфические особенности формирования кластеров инновационной активности//Инновационное развитие промышленности: кластерный подход. – СПб, 2011.

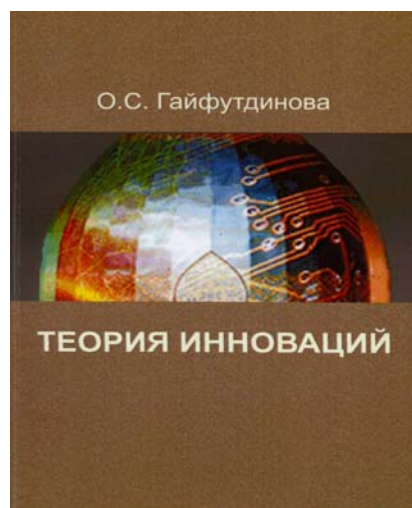
Мингалева Ж.А. Формирование эффективных бизнес-моделей открытых иннова-

ций на примере Apple, Nintendo и Nokia// Инновации. № 6 (140), 2010. С.15-17.

Гайфутдинова О.С. Теория инноваций: учеб.пособие. Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2009. – 192 с.

Мингалева Ж.А. К вопросу о типах кластеров инновационной активности. //Вопросы развития национальной экономики: российский и зарубежный опыт.: материалы Междун.научн.-практ.конф. /под общ.ред. Ж.А.Мингалевой; Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2011. – 583 с.

Гайфутдинова О.С. Повышение конкурентоспособности региона путем применения кластерного подхода. //Вопросы развития национальной экономики: российский и зарубежный опыт: материалы Междун.научн.-практ.конф. /под общ.ред. Ж.А. Мингалевой; Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2011. – 583 с.



В настоящее время проводится разработка основных положений модели и методики на основе теории инноваций и кластерного подхода.

Вся необходимая для реализации научной технологии инфраструктура имеется в наличии.

Разработка является важной для развития отечественных исследований и практики создания кластеров инновационной активности.

Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; «бизнес-ангелы»; венчурные инвесторы; руководители предприятий и организаций; предпринима-

тели, бизнесмены; патентные поверенные; изобретатели, инноваторы; работники научной сферы, студенты, аспиранты; инвесторы (отечественные и зарубежные).

Теоретико-методологическое обеспечение развития научно-технического и инновационного потенциалов региона.

Разработка создана в период 2006-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Авторы разработки – д.э.н., проф. Ж.А.Мингалева, к.э.н. И.И. Максименко.

Научная разработка содержит методику комплексного исследования научно-технического потенциала региона, системы и структуры его межрегиональных связей, подсистем и факторов развития; методику оценки перспектив развития научно-технического потенциала российских регионов с точки зрения возможностей их интеграции и кооперации в кластеры инновационной и технологической активности; развернутую классификацию «зон

роста» и «регионов-лидеров» инновационной и технологической активности и методику идентификации для каждой классификационной группы эндогенных и экзогенных факторов формирования и развития научно-технического потенциала, основных источников и движущих сил развития, выявления основных направлений специализации деятельности и перспектив роста в зависимости от мировой и страновой конъюнктуры. Включает адаптированные к российским условиям теорию и инструментарий зарубежных подходов к оценке научного и технического потенциала региона, а также современных выводов зарубежных исследователей о месте и роли региональных властей и местной научно-технической политики в условиях глобализации и международной интеграции науки и технологии. При анализе использованы американская, европейская, скандинавская, японская модели, а также способ организации научно-технологических центров международного значения в новых индустриальных странах.



Факторы развития научно-технического и инновационного потенциалов региона

Теоретическое значение научной разработки состоит в расширении знаний в области перспектив научно-технического развития, регионального интеграционного развития, роли региональных властей и научно-технической политики в условиях глобализации и международной интеграции науки и технологии.

Прикладной характер научной разработки заключается в формулировке перечня основных структурообразующих факторов, которые необходимо поддерживать и активизировать для развития научно-технического и инновационного потенциалов региона.

Результаты научной разработки используются:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по инновационному развитию, государственному регулированию научно-технической сферы и других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ. Исследование было поддержано Российским гуманитарным научным фондом: грант «Развитие научно-технического потенциала региона как основа его экономического роста».

Результаты исследования представлены в монографиях и научных статьях авторов разработки:

Мингалева Ж.А. Развитие научно-технического и инновационного потенциалов региона. / Ж.А.Мингалева. – Пермь, Изд-во ПГУ, 2006. – 226 с.



Мингалева Ж.А. Оценка инновационного и научно-технического потенциала и инновационной конкуренто-способности регионов (глава в коллект. монографии). /Под общ.ред. акад.А.И.Татаркина // Регион в новой парадигме пространственной

организации России. – М., Наука, 2007. – 752 с.

Мингалева Ж.А., Максименко И.И. Управление интеллектуальным потенциалом региона. – Пермь, Перм. гос. ун-т., 2011. – 272 с.

Мингалева Ж.А., Максименко И.И. Научный и образовательный потенциал инновационного развития национальной экономики. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. № 4 (61) 2008.

Максименко И.И. Перспективы интеграции науки, производства и образования в развитии инновационной экономики // Инновационная экономика и промышленная экономика региона (ЭКОПРОМ – 2008). СПб. Изд-во Политехнического ун-та, 2008.

Основные положения разработки сформулированы и апробированы. В настоящее время проводится ее дополнение и развитие в соответствии с распространением локальных интеграционных процессов.

Вся необходимая для реализации научной разработки инфраструктура имеется в наличии.

Разработка является наиболее комплексной среди отечественных методик оценки развития научно-технического и инновационного потенциалов региона.

Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; руководители предприятий и организаций; предприниматели, бизнесмены; статистические органы на региональном и федеральном уровнях; работники научной сферы; инноваторы; инвесторы (отечественные и зарубежные).

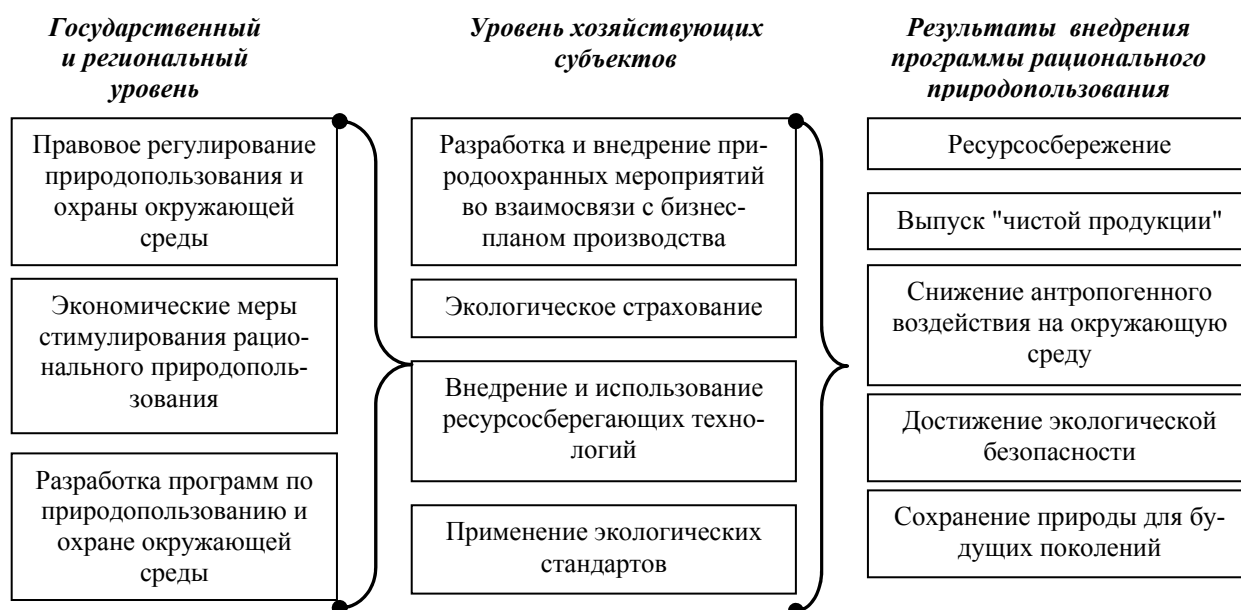
Теоретико-методологическое обеспечение механизма функционирования хозяйствующих субъектов на принципах рационального природопользования, устойчивого развития и ресурсосбережения.

Разработка создана в период 2006-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности

Пермского государственного университета. Авторы разработки д.э.н., проф. Ж.А. Мингалева, к.э.н. Кузьмина Ю.Д.

Научная разработка включает формулировку и обоснование общетеоретиче-

ских, фундаментальных положений по вопросам создания условий для устойчивого развития экономических систем, рационального природопользования и охраны окружающей среды, ресурсосбережения.



Система взаимодействий в области устойчивого развития

В рамках научной разработки обоснована необходимость объединения усилий российских органов государственной власти и управления всех уровней и представителей бизнеса на скорейшем переводе отечественной экономики на принципы рационального природопользования и ресурсосбережения, что предполагает создание институционального механизма управления процессами экономии всех видов ресурсов, обеспечения рационального и безопасного природопользования, исключающего необратимое ухудшение качества окружающей среды и среды обитания людей.

Результаты научной разработки используются:

- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;

- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;

- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности

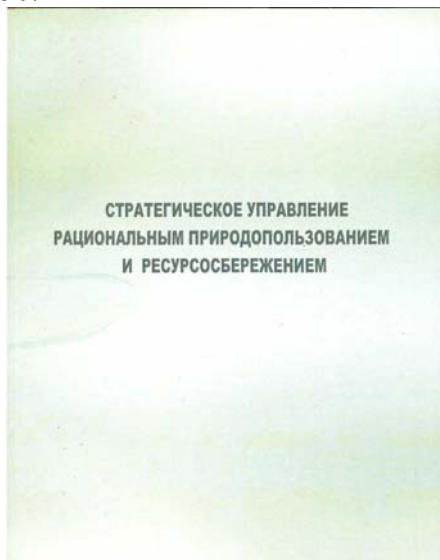
(при чтении курсов по экологическому развитию, экономике природопользования, экономике фирмы, региональной экономике, национальной экономике и в других учебных курсах в российских вузах);

- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ: Исследование выполняется в рамках Темплана-2010 ГОУ ВПО ПГУ по заказу Федерального агентства по образованию (тема № 1.5.10 (2010-2013 гг.)) и комплексной программы научных исследований кафедры национальной экономики и экономической безопасности ФГБОУ ВПО «ПГНИУ» «Прогнозирование инновационного развития и структурной модернизации экономических систем в направлении рационального природопользования». Результаты исследования представлены в монографиях и научных статьях авторов разработки:

Мингалева Ж.А., Кузьмина Ю.Д. Стратегическое управление регионом на основе принципов устойчивого развития: российский и зарубежный опыт. – Пермь, Перм. гос. ун-т., 2011. – 272 с.

Мингалева Ж.А., Кузьмина Ю.Д. Теоре-

тические подходы к вопросу формирования стратегии регионального устойчивого развития//Глава в коллективной монографии «Факторы устойчивого развития регионов России». – Новосибирск, 2009. – С.11-50.

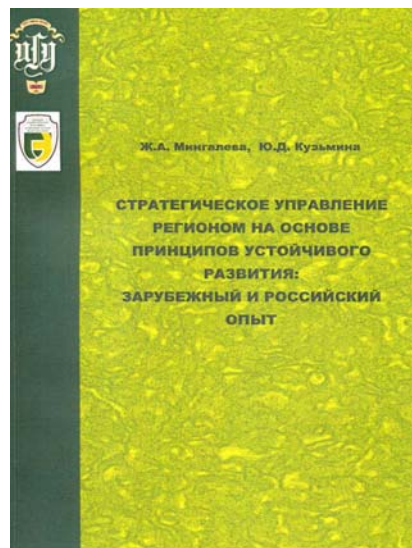


Стратегическое управление рациональным природо-пользованием и ресурсосбережением: сб.науч.статей /под общ.ред.Ж.А.Мингалевой; Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2010. – 173 с.

Кузьмина Ю.Д. Концепция устойчивого развития национальнoй экономики. – Пермь, Перм.гос.ун-т, 2011. – 200 с.

Кузьмина Ю.Д., Мингалева Ж.А. Понятие устойчивости развития и его применимость к региональной политике //Вестник Пермского университета. Серия Экономика. 2009. № 3 (3). С.68-83.

Разработаны и апробированы основные положения по теории и методологии управления социально-экономическими системами на основе принципов устойчивого развития применительно к уровню региона. В настоящее время проводится развитие основных теоретико-методологических положений для социально-экономических систем более высокого (государство) и более низкого (муниципалитет, город) уровня в соответствии с требованиями оптимального использования ресурсов и ресурсосбережения.



Вся необходимая для реализации технологии инфраструктура имеется в наличии.

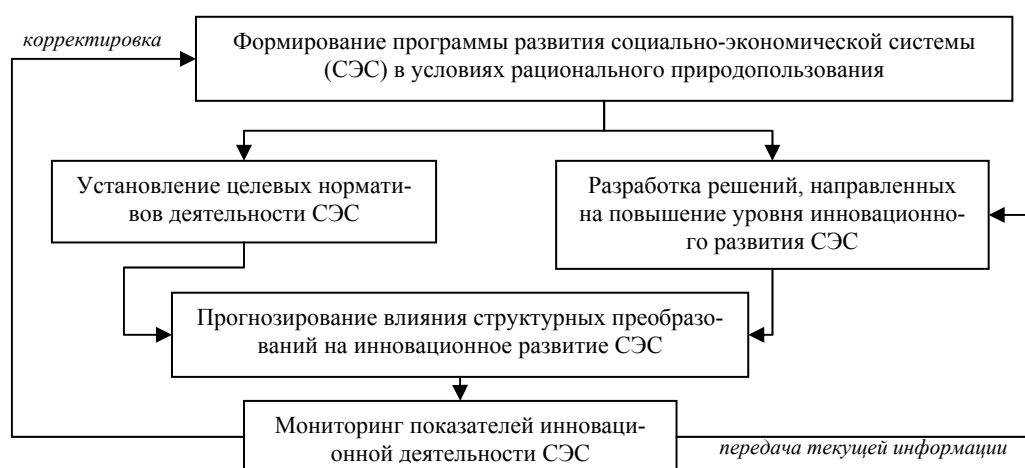
Разработка является первой, применительно к анализу регионального уровня.

Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; службы экологической защиты, природоохранной деятельности предприятий; представители общественных экологических движений; руководители предприятий и организаций; предприниматели, бизнесмены; статистические органы на региональном и федеральном уровнях; работники научной сферы; инвесторы (отечественные и зарубежные).

Теоретико-методологическое обеспечение прогнозирования инновационного развития и структурной модернизации экономических систем в направлении рационального природопользования.

Разработка создана в период 2006-2011гг. на кафедре национальной экономики и экономической безопасности Пермского государственного университета. Авторы разработки д.э.н., проф. Ж.А.Мингалева, к.э.н., доц. О.С. Гайфутинова.

Научная разработка включает теоретические и методологические положения по проблеме усиления прикладной значимости в современных российских условиях такого элемента управления социально-



Механизм развития социально-экономической системы в условиях рационального природопользования

Необходимость более широкого применения в практике отечественного управления методов и инструментов прогнозирования развития социально-экономических систем на основе современных информационных технологий подтверждается опытом предшествующего развития отечественной экономики и существующими мировыми тенденциями. Одним из факторов, способствующих сохранению негативных тенденций в развитии российской экономики является недостаточность применения в практике управления социально-экономическими системами инструментария оценки и прогнозирования развития как отдельных показателей функционирования системы, так и их комплекса. В первую очередь это касается прогнозирования развития структурных преобразований в экономике, темпов, направлений и пропорций модернизации социально-экономических систем, уровня их инновационного развития. Наличие надежных инструментов оценки основных показателей развития системы и достигнутых результатов, возможность их сравнения с другими субъектами и с плановыми показателями, а также возможность постоянного контроля динамики и направлений изменения ключевых показателей развития является ключевым элементом управления любой экономической системой и важным конкурентным пре-

имуществом. Современные зарубежные программы государственного регулирования, опираясь на технологии прогнозирования и управления природными и социально-экономическими системами, ориентированы на максимальную экономию энергетических, природных и материальных ресурсов, на обеспечение экологической безопасности производства.

Результаты научной разработки используются:

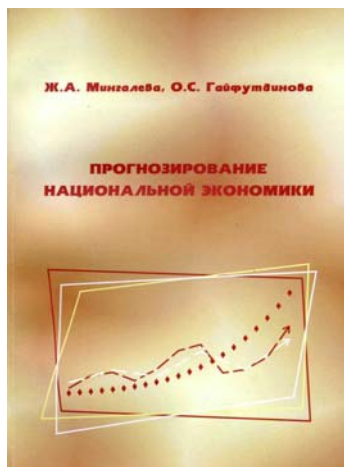
- в качестве научного источника при написании диссертационных работ на соискание степеней кандидата и доктора наук;
- в качестве методологического и методического источника в работе государственных органов власти и управления регионов России;
- в качестве учебного и методического источника в образовательной деятельности (при чтении курсов по прогнозированию развития социально-экономических систем, экономике природопользования, экономике фирмы, региональной экономике, национальной экономике и в других учебных курсах в российских вузах);
- в качестве научного источника при проведении научно-исследовательских работ: Исследование выполняется в рамках Темплана-2010 ГОУ ВПО ПГУ по заказу Федерального агентства по образованию (тема № 1.5.10) и комплексной программы

научных исследований кафедры национальной экономики и экономической безопасности ФГБОУ ВПО «ПГНИУ» «Прогнозирование инновационного развития и структурной модернизации экономических систем в направлении рационального природопользования».

Результаты исследования представлены в следующих работах:

Мингалева Ж.А. Стратегическое планирование и прогнозирование национальной экономики (учебное пособие). - Пермь, Изд-во Пермского университета, 2007. 233 с.

Мингалева Ж.А., Гайфутдинова О.С. Прогнозирование национальной экономики (учебное пособие). - Пермь, Изд-во Пермского университета, 2007. 283 с.



Основные теоретические положения в рамках научной разработки сформулированы и апробированы. Основные результаты научной разработки используются в учебной и научно-исследовательской деятельности студентов и аспирантов экономического факультета университета.

IV. 3. Направление научной деятельности

«Формирование российской постиндустриальной модели управления как ключевого фактора национальной инновационной конкурентоспособности»

В рамках направления «Формирование российской постиндустриальной модели управления как ключевого фактора национальной инновационной конкурентоспособности» Центр корпоративной инноватики при кафедре менеджмента экономического факультета Пермского государст-

В настоящее время проводится разработка методологических и методических подходов к применению инструментария стратегического планирования и прогнозирования в соответствии с требованиями инновационного развития, принципами рационального природопользования, реформированием отечественной статистической базы, и других факторов.

Вся необходимая для реализации инфраструктура имеется в наличии.

Разработка является первой и наиболее полной среди отечественных методик оценки инновационной конкурентоспособности.



Потенциальными пользователями разработки являются работники муниципальных, региональных и федеральных органов власти и управления; руководители предприятий, бизнесмены, предприниматели; сотрудники и руководители статистических органов на региональном и федеральном уровнях; работники научной сферы, студенты, аспиранты; инвесторы.

как стратегической инновационно-конкурентной компетенции управляемой социально-экономической системы.

Основной целью методологии и методики исследования организации проектного управления является оценка уровня зрелости и эффективности управления проектами в корпоративных организациях, муниципальных и региональных органах власти

Задачи методологии и методики исследования организации проектного управления в корпоративном, муниципальном и региональном образовании:

1. Оценить уровень развития практики управления проектами в корпоративных организациях, муниципальных и региональных органах власти.

2. Оценить эффективность перехода на более высокий уровень управления проектами.

3. Разработать предложения по развитию практики управления проектами в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к государственному управлению.

Уникальность методологии и методики исследования организации проектного управления: исследование практики управления проектами в менеджменте корпоративных образований, муниципальных и региональных органах власти на примере Пермского края, насколько известно организаторам, не имеет прецедентов в России.

Эффективность использования научной методологии и методики проектного управления. Уровень развития проектного управления в корпоративных организациях, муниципальных и региональных органах власти влияет на эффективность их функционирования в целом.

Рост уровня зрелости в области проектного управления позволяет существенно повысить эффективность:

- управляемости корпоративной организации, муниципального или регионального образования;

- удовлетворенности населения и собственных сотрудников за счет успешного выполнения проектов;

- распределения ресурсов с учетом стратегических целей территории.

Эффекты организации проектного управления можно разбить на четыре группы:

1. Достижение результатов.

2. Соблюдение сроков и бюджетов проектов.

3. Интенсификация деятельности за счет внутренних резервов.

4. Более эффективная реализация стратегии.

Расчет экономического эффекта организации проектного управления связан с оценкой 3 типов проектов:

- проект реализован в срок и установленный бюджет,

- проект реализован с превышением установленного срока

- проект закрыт и/или результат не достигнут.

Методика выделяет пять уровней зрелости организации проектного управления (исходя из модели Керцнера).

Уровень 1. Общая терминология. На этом уровне организация осознает важность управления проектами и необходимость глубокого усвоения основных знаний в области управления проектами и изучения сопутствующей им терминологии. Характерные черты: наличие отдельных практик успешных проектов, отдельные «очаги интереса» к управлению проектами (УП), понимание на уровне руководства общей полезности применения методов УП, проведено обучение отдельных сотрудников по УП, введена единая терминология управления проектами, введен общий учет реализуемых проектов

Уровень 2. Общие процессы. Организация осознает важность определения и разработки общих процессов для того, чтобы успех одного проекта мог быть повторен при выполнении других

Уровень 3. Единая методология. Организация осознает важность синергетического эффекта, возникающего при интеграции управления проектами с другими методологиями (управление качеством, процессами и т.д.)

Уровень 4. Бенчмаркинг. Организация осознает важность изучения и анализа

опыта управления проектами мировых лидеров.

Уровень 5. Непрерывное улучшение. Организация осознает важность непрерывного совершенствования процессов управления проектами.

Исследование базируется на методике Гарольда, адаптированной к специфике корпоративных организаций, муниципальных образований и субъектов федерации:

1. В анкете используется соответствующая объекту исследования терминология.

2. Учитывается специфика бюджетного процесса корпоративной организации, регионального или муниципального образования.

3. Вопросы анкеты соответствуют определенному уровню проектной зрелости менеджмента корпоративной организации, регионального или муниципального образования.

Оценка зрелости организации проектного управления формируется по следующим направлениям (в анкете по каждому направлению вводится по 4 вопроса):

1. Применение базовых инструментов управления проектами.

2. Осознание важности управления проектами.

3. Принятие принципов управления проектами со стороны высшего руководства.

4. Принятие принципов управления проектами со стороны линейных руководителей.

5. Применение дополнительных инструментов управления проектами.

6. Развитое управление проектами.

Интервьюеры выбирают значения, наиболее подходящие для анализа сложившейся ситуации организации проектного управления в своем корпоративном образовании, муниципалитете, субъекте федерации (шкала Лайкерта):

- -3 = абсолютно не согласен;
- -2 = не согласен;
- -1 = скорее не согласен, чем согласен;
- 0 = не имею мнения;
- +1 = скорее согласен, чем не согласен;
- +2 = согласен;
- +3 = полностью согласен.

По результатам исследования организации проектного управления определяется соответствующий уровень эффективности проектного управления в корпоративном образовании, муниципалитете, субъекте федерации, которые характеризуются следующими критериями:

1. Применение базовых инструментов управления проектами.

2. Осознание важности управления проектами.

3. Принятие принципов управления проектами со стороны высшего руководства.

4. Принятие принципов управления проектами со стороны линейных руководителей.

5. Применение дополнительных инструментов управления проектами.

6. Развитое управление проектами.

IV.4. Направление научной деятельности

«Принципы и механизмы государственного управления экономикой на региональном уровне с учетом кластерного подхода»

Кафедра мировой и региональной экономики Пермского государственного университета является базовым структурным подразделением, на котором ведется разработка проблем в рамках научного направления «Принципы и механизмы госу-

дарственного управления экономикой на региональном уровне с учетом кластерного подхода». Работы ведутся под руководством д.э.н., профессора Миролюбовой Т.В.

Для управления экономикой на региональном уровне государство использует различные методы управления. В современной российской и зарубежной научной литературе под государственным управлением экономикой региона в большинстве случаев понимаются целенаправленные действия центральных органов власти, без упоминания типа государства – унитарного или федеративного. Это приводит к тому, что государственное управление экономикой региона отождествляется с действиями федеральных органов власти, а под региональной экономической политикой понимаются действия только федеральных органов власти. Поэтому в подавляющем большинстве научных работ речь идет о региональной экономической политике, проводимой федеральными органами власти. Соответственно, эти аспекты являются наиболее разработанными. Уровень же региональных органов власти выпадает из поля зрения большинства исследователей и в силу этого является недостаточно разработанным.

В федеративном государстве, как известно, существует иерархия уровней власти и уровней государственного управле-

ния: федеративный уровень, региональный уровень (субъекта Федерации) и муниципальный. Следовательно, на каждом иерархическом уровне будут применяться свои методы государственного управления экономикой.

Согласно макроэкономическому подходу, методы государственного управления экономикой делятся на:

- методы регулирования спроса;
- методы регулирования предложения.

Основываясь на этом, произведем деление указанных методов в соответствии с уровнями государственного управления.

Государственное регулирование спроса, предполагающее использование методов денежно-кредитной и внешнеэкономической политики, возможно лишь на макроэкономическом уровне, следовательно, может осуществляться только на федеральном уровне – уровне всей страны. Методы бюджетно-налоговой политики могут использоваться на всех трех уровнях иерархии в соответствии с полномочиями и компетенцией федеральных, региональных и муниципальных органов государственной власти (см. табл. 1).

Таблица 1

Методы государственного регулирования спроса в соответствии с уровнями государственного управления

Уровень государственного управления	Денежно-кредитная политика	Бюджетно-налоговая политика	Внешиноэкономическая политика
Федеральный	+	+	+
Региональный	-	+	-
Муниципальный	-	+	-

Государственное регулирование предложения, как нам представляется, может осуществляться не только на федеральном уровне. Следовательно, использование указанных методов допустимо на всех трех

уровнях иерархии в соответствии с полномочиями и компетенцией федеральных, региональных и муниципальных органов государственной власти (см. табл. 2).

Таблица 2

Методы государственного регулирования предложения в соответствии с уровнями государственного управления

Уровень государственного управления	Расширение инвестиций	Контроль над ценами	Сокращение Издержек производства	Государственные закупки
Федеральный	+	+	+	+
Региональный	+	+	+	+
Муниципальный	+	-	-	+

Важнейшим направлением государственного регулирования экономики, которое может осуществляться на всех трех уровнях государственного управления, является расширение инвестиций. При этом следует подчеркнуть, что инвестиции оказывают влияние не только на совокупное предложение, но и на расширение совокупного спроса, а, следовательно, и на общую экономическую динамику в регионе. Кроме того, ключевой проблемой экономического роста в любой теории является именно проблема инвестиций. Важнейшим здесь является механизм трансформации доходов в инвестиции, что имеет большое значение для выработки адекватной экономической политики поддержания экономического роста.

Итак, с содержательной точки зрения, на различных уровнях государственного

управления будут использоваться экономические и административные методы. При этом на федеральном и региональном уровнях могут применяться методы государственной бюджетно-налоговой политики регулирования спроса, а также все методы государственного регулирования предложения. Указанные нами принципы будем считать ключевой методологической предпосылкой формирования системы государственного управления экономикой на региональном уровне.

Произведем совмещение методов регулирования спроса и методов регулирования предложения с использованием матричного подхода и определим систему методов государственного управления экономикой на региональном уровне (см. табл. 3).

Таблица 3

**Методы государственного управления экономикой
на региональном уровне**

Методы регулирования	Бюджетно-налоговая политика	Нормативно-правовые и институциональные методы
Расширение инвестиций	1. Налоговые льготы. 2. Государственные инвестиции. 3. Управление научно-техническим комплексом. 4. Субсидирование части процентной ставки. 5. Предоставление государственных гарантий. 6. Инвестиционный налоговый кредит.	1. Привлечение сбережений в реальный сектор экономики. 2. Частно-государственное партнерство. 3. Управление научно-техническим комплексом.
Контроль над ценами	1. Субсидирование цен. 2. Гарантирование производителям уровня продажных цен.	1. Ограничение цен на продукцию государственных предприятий. 2. Государственное регулирование цен.
Сокращение издержек производства	1. Субсидирование цен на энергетические ресурсы и транспорт. 2. Развитие материальной инфраструктуры (дороги, коммунальные услуги, газоснабжение и проч.).	1. Регулирующее воздействие на общий уровень заработной платы. 2. Развитие материальной инфраструктуры (дороги, коммунальные услуги, газоснабжение и проч.).
Государственные закупки	1. Закупки товаров и услуг со стороны органов государственной власти.	

Таким образом, согласно предлагаемой нами классификации методов государственного управления экономикой, на региональном уровне следует применять методы бюджетно-налоговой политики, а также нормативно-правовые и институциональные методы государственного управления экономикой, обеспечивающие стимулирование совокупного спроса и предложения в регионе.

Исходя из этого, механизм целенаправленного государственного управления экономикой на региональном уровне будет действовать следующим образом.

Первоначально исполнительные органы государственной власти региона дают импульс региональной экономике через целенаправленное применение определенных методов государственного управления; при этом, как уже упоминалось, выбор методов государственного управления

будет определяться целями социально-экономической политики региональных органов власти.

Вслед за этим в действие вступают рыночные силы, и в экономике региона происходит цепь определенных изменений, которые осуществляются уже независимо от решений органов государственной власти, поскольку вызываются объективными экономическими закономерностями.

Следовательно, результаты использования того или иного метода государственного управления будут зависеть от целей, выбранных исполнительными органами государственной власти региона. В связи с этим постановка целей социально-экономического развития региона является исходным моментом государственного управления экономикой на региональном уровне.

IV.5. Направление научной деятельности «Разработка и реализация комплексных маркетинговых стратегий существующих и потенциальных агропродовольственных рынков»

Кафедра маркетинга Пермского государственного университета является базовым подразделением, на котором ведутся работы в области разработки и реализации комплексных маркетинговых стратегий существующих и потенциальных агропродовольственных рынков. Руководитель работ д.э.н., профессор К.В. Пьянкова. В составе творческого коллектива к.э.н., доцент Л.П. Киченко; к.э.н., доцент В.В. Пьянков; к.э.н., доцент Е.Б. Игуменова; ассистент Н.Н. Косвинцев; аспирант А.А. Киселева; аспирант Е.А. Керзина.

Современные мировые тенденции, не смотря на стабильно растущий глобальный спрос, характеризуются ограниченностью предложения в области продовольствия, что неизбежно ведет к непрерывному увеличению цен на продукты питания, росту мировой инфляции и дестабилизации экономики. В связи с этим, наблюдается особое внимание к территории Российской Федерации, которая представляет собой не только местность, наделенную природны-

ми материальными и энергетическими ресурсами, имеющую особенности и преимущества для осуществления бизнеса по сравнению с другими территориями, но это и субъект, раскрывающий значение и привлекательность производящих, распределяющих и потребляющих структур, их возможности и потребности для внутреннего и международного агропродовольственных рынков.

Процесс эффективного использования и управления совокупным производственным потенциалом на основе адекватно выстроенных комплексных маркетинговых стратегий на агропродовольственных рынках при рациональном использовании природных ресурсов является непосредственным объектом исследования кафедры маркетинга.

В рамках данного научного направления ведутся разработки в области создания и внедрения комплексных маркетинговых стратегий поиска оптимального сегмента существующих и потенциальных

агропродовольственных рынков, что позволяет обеспечить формирование и реализацию научно-обоснованных инструментов и технологий маркетинга с учетом мировых и отечественных достижений в сфере инноваций, специфики потребления, инвестиционного климата, инфраструктуры стран и отдельных территорий.

Полученные результаты реализованы в виде оценки конкурентоспособности региональных товаропроизводителей; разработки стратегий для программ социально-экономического развития Пермского края, а также отдельных инвестиционных проектов, выступающих «точками роста» экономики региона и основой привлечения инвестиций; создания маркетинговых программ, ориентирующих данный субъект РФ на производство рыночно востребованных товаров и услуг.

Особое внимание уделяется инновационной инфраструктуре Пермского края. В рамках образовательной части деятельности кафедры осуществляется подготовка бакалавров и магистров в соответствии с процессом европейской образовательной интеграции. При подготовке студентов внедряются активные формы обучения, предоставляется возможность получения практических навыков в рамках реализации проекта «Маркетинговый центр», одной из главных задач которого является повышение конкурентоспособности и продвижение экономического факультета Университета. Обеспечивается высокая вовлеченность студентов в создание инновационной инфраструктуры региона и страны, в целом, посредством создания совместной с Бизнес - инкубатором ПГУ образовательной программы по инновационному предпринимательству «Business UP», целью которой является рост количества инновационных проектов и проектов типового бизнеса, инициированных студентами, аспирантами и учеными для их последующей коммерциализации; сотрудничества в сфере консалтинга, организации и проведения профессиональных мероприятий.

В ходе научной работы реализованы следующие проекты: предложена методика формирования устойчивой региональной

продовольственной базы, в том числе типичного представителя данной группы регионов – Пермского края; разработан прогноз производства и потребления основных видов продовольствия с учетом развития регионального агропромышленного комплекса; предложены рекомендации по формированию устойчивой продовольственной базы промышленных регионов при вступлении России в ВТО, предусматривающие систему мер протекционистского характера, прежде всего по отношению к отечественным сельскохозяйственным товаропроизводителям. Разработана методика выявления латентных знаний потребителей как основы маркетинговых исследований регионального рынка продовольствия; модель взаимодействия мясоперерабатывающих предприятий с производителями мяса на основе создания вертикально-горизонтальной интеграционной структуры, позволяющей перераспределить получаемую прибыль из сферы обращения в сферу производства с целью повышения и конкурентоспособности товаропроизводителей. Сформулированы и внедрены методические основы формирования и развития распределительной системы регионального рынка картофеля, экономико-математическая модель организации базового картофелеводческого хозяйства на территории Пермского края. Разработана методика определения роли каждого региона в системе социально-экономического развития страны, позволяющая выделить группу наиболее развитых (инновационных) регионов.

Наиболее значимыми проектами в сфере прикладных исследований, выполненных в рамках направления (в т.ч., по заказам предприятий) являются:

1. Краевая целевая программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Пермском крае на 2009-2012 годы» по заказу Министерства сельского хозяйства Пермского края, 2008г.

2. Краевой ресурсный проект Правительства Пермского края «Кадры в АПК» по заказу Министерства сельского хозяй-

ства Пермского края, с 2008г. по настоящее время.

3. Комплексная программа развития отрасли картофелеводства «Региональная экономически значимая программа по поддержанию производства, имеющего существенное значение для социально-экономического развития Пермского края, на 2009-2012 годы «Пермский картофель» по заказу Министерства сельского хозяйства Пермского края, 2009г.

4. Региональная экономически значимая программа «Развитие молочного скотоводства в Пермском крае на 2009-2012 годы» по заказу Министерства сельского хозяйства Пермского края, 2009г.

В период исследований были изданы следующие важнейшие публикации, наиболее полно характеризующие выбранное направление:

Пьянкова, К.В. Рекомендации по регулированию производства и рынка зерна, сахара, говядины, свинины, мяса птицы, молока / Алтухов А.И., Силаева Л.П., Кун-

диус В.А. и др. – М.: ГНУ ВНИИЭСХ, 2006.

Пьянкова, К.В. Продовольственное обеспечение промышленных регионов страны (теория, методология, практика). – Пермь: ОЦНИТ Пермского государственного технического университета, 2007.

Пьянкова, К.В. Методика выявления латентных знаний потребителей как основа маркетинговых исследований регионального рынка продовольствия. – Пермь: ПГСХА, ИПЦ «ПРОКРОСТ», 2009.

Пьянкова, К.В., Игуменова Е.Б. Аграрная политика: теория и методология – Пермь: ОЦНИТ Пермского государственного технического университета, 2010.

Пьянкова, К.В. Маркетинговые исследования рынков продовольственных товаров // Маркетинг, 2010. – № 2 (111).

Региональный рынок картофеля: теория и практика (на примере Пермского края): монография / Н.Н. Косвинцев, К.В. Пьянкова; Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2011.

IV.6. Направление научной деятельности

«Прогнозирование развития человеческого потенциала регионов на основе современных информационных технологий»

Работы по направлению «Прогнозирование развития человеческого потенциала регионов на основе современных информационных технологий» ведутся в Пермском центре социального партнерства и социологических исследований с 1997г. В составе творческого коллектива Плотникова Е.Б., директор ПЦСпиСИ, к.ист.н., доцент – руководитель работ; Германов И.А., зам. директора ПЦСпиСИ, к.соц.н., доцент; Лебедева-Несевря Н.А., доцент каф. социологии и политологии, к.соц.н.; Борисова Н.В., ведущий социолог ПЦСпиСИ, доцент каф. политических наук, к.пол.н.

Исследовательские интересы сосредоточены на формировании концепции развития социокультурных ресурсов и интеллектуального потенциала регионов современной России, на определении проблемных и приоритетных направлений разви-

тия социальной сферы для повышения качества жизни населения.

Для выполнения поставленной цели осуществляется разработка теоретико-прикладных основ управления рисками развития человеческого потенциала регионов, основными компонентами являются:

- комплексная теория управления развитием человеческого потенциала с учетом требований устойчивого социально-экономического развития;
- управленческие механизмы, обеспечивающие социальную безопасность на индивидуальном, муниципальном и региональном уровнях;
- модели региональной и муниципальной политики в сфере воспроизводства и развития человеческого потенциала;
- методология оценки последствий региональной и муниципальной политики в сфере развития человеческого потенциа-

ла, системы информационного, организационного и материально-технического обеспечения данной оценки.

Проект является продолжением работы, осуществляемой в рамках сотрудничества с Центром изучения социокультурных изменений (ЦИСИ) Института философии РАН (рук. член-корр. РАН Н.И. Лапин). В рамках национального исследовательского проекта «Проблемы социокультурной эволюции России и ее регионов» разработана методология и методика исследования социологического портрета региона, проведены прикладные исследования, на основе которых подготовлен «Социокультурный портрет Пермского края».

Основные результаты, выполненных работ по направлению, опубликованы:

«Пермский край»: гл. 9 /Е.Б. Плотникова (рук. проекта), Н.В. Борисова, И.А. Германов, Н.А. Несевря //Регионы в России: социокультурные портреты регионов в общероссийском контексте / Институт философии. Центр изучения социокультурных изменений. Научно-координационный совет секции ФСПП ООН Ран «Проблемы социокультурной эволюции России и ее регионов» / составление и общая редакция: Н.И. Лапин и Л.А. Беляева. – М., Academia, 2009, С.495-564.

Политико-административные решения социально-экономических и социокультурных проблем в Пермском крае / Политическая наука: Сб. науч. тр. / РАН. ИНИОН. Центр социальных науч.-информ. Исслед. Отд. полит. науки; Росс. ассоц. полит. науки; Ред. кол.: Ю.С. Пивоваров, гл. ред., и др. – М., 2009. – № 2: Региональная политика и развитие территорий в условиях административно-политической реформы 2004-2008 гг. / Ред.-сост. Л.Н. Верченев, А.В. Дахин. С. 132–153.

Социологический портрет Пермского края: региональные социокультурные традиции в условиях политико-административных инноваций: монография/ авт. колл.: Е.Б. Плотникова, Н.В. Борисова, И.А. Германов, Н.А. Несевря, Л.А. Хачатрян, В.Г. Попов; под общей редакцией Е.Б. Плотниковой и Н.В. Борисовой; Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2008. – 164 с.: ил.

Степень готовности разработок.

Разработаны концепция управления развитием человеческого потенциала на региональном уровне, а также методический инструментарий для его оценки. Апробация проведена при разработке Программы СЭР Пермского края до 2015 г. Разработана методология и методика проведения социологического исследования региона, подготовлен «Социокультурный портрет Пермского края» (в рамках национального исследовательского проекта «Проблемы социокультурной эволюции России и ее регионов»).

Разработана методология исследования проблем институционализации и функционирования структур, обеспечивающих инновационное развитие региона и решение приоритетных социально-экономических проблем территории (механизмов межсекторного взаимодействия).

Ведется работа по созданию системы комплексной социальной оценки воздействия политико-административных решений на социокультурные характеристики регионального сообщества. В рамках данного направления изучены результаты проектов реструктуризации угольной отрасли, реформы здравоохранения.

Разработана методология мониторинга степени приверженности населения принципам здорового образа жизни и распространенности социальных факторов риска здоровью.

В рамках разработки Концепции культурной политики и развития социально-культурной сферы Пермского края разработана методология оценки миграционных намерений населения, обусловленных восприятием и имиджем Пермского края.

Для полной реализации проекта требуется совершенствование инфраструктуры проекта: разработка Информационно-аналитической системы (ИАС) «Развитие человеческого потенциала региона» и организация фокус-студии, использование которых существенно расширит возможности научно-исследовательской деятельности в рамках НОК. Указанная информационно-аналитическая система призвана решать задачи ввода, накопления, хранения, обработки и использования данных,

полученных из разнообразных источников, включая официальную и ведомственную статистику, результаты социологических, экономических и пр. исследований, касающихся человеческого потенциала в регионе.

Закупка и установка комплекта оборудования для организации фокус-студии повысит конкурентоспособность исследовательских работ, выполняемых коллективом. Использование фокус-студии значительно расширяет возможности по сбору первичных данных, углубленного анализа собранной информации и, в целом результатов исследований, повышает наглядность и презентабельность итоговых отчетов. Отсутствие данного комплекта оборудования является барьером для выполнения коллективом ряда НИР и ограничивает привлечение в университет внебюджетных средств.

Основой системы ИАС станет реляционная база данных под управлением СУБД «Oracle». Структура базы данных будет разработана так, чтобы удовлетворять требованиям, как транзакционной БД, так и хранилища данных для ввода, хранения, обработки и использования данных социологических опросов. В соответствии с задачами для работы со спроектированной БД будут разработаны приложения: ввода (загрузки) данных в базу; обработки

(трансформации) данных; конструирования аналитических запросов, получения выборок в различной форме (в том числе и для выгрузки в сторонние приложения). Учитывая, что часть приложений системы предназначена для широкого круга исследователей, 3 группа приложений будет реализована через web-интерфейс.

Результаты проекта позволят аккумулировать и систематизировать информацию о социокультурных процессах, как Пермского края, так и других субъектов РФ. Полученные данные станут основой для составления прогноза развития человеческого потенциала края. Это позволит заинтересованным сторонам (властным структурам, общественным и некоммерческим организациям, бизнес-структурам) использовать материалы проекта для разработки и оценки социально-экономических программ региона и территорий края, также проектов и мероприятий социальной сферы по совершенствованию отдельных компонент человеческого потенциала (состояние здоровья, уровень образования, духовного и культурного развития и т.д.). Результаты предлагаемого проекта являются информационным ресурсом для принятия эффективных управленческих решений в сфере развития человеческого потенциала в Пермском крае.

IV. 7. Направление научной деятельности «Изучение территориальных общественных систем»

Социально-эколого-экономическое районирование как основной инструмент формирования эффективной территориальной организации регионального управления и местного самоуправления.

Разработка создавалась в период 1989-2011гг. на кафедре социально-экономической географии Пермского государственного университета. Руководитель д.г.н., профессор М.Д. Шарыгин.

Территориальные (пространственные) аспекты регионального управления и местного самоуправления. Предложенная

сетка управленческих округов может быть использована для совершенствования административно-территориального деления и внутри субъектов федерации. Наиболее рациональной формой их территориальной организации могут стать относительно самостоятельно функционирующие управленческие округа. Идея создания округов берет свой отчет с 1920-х гг., когда она определенное время находила практическое применение. Округное деление было создано на основе взаимосвязей хозяйственных объектов, размещенных в контактных административных районах. Округа функционировали в трехчленной системе «об-

ласть – округ – район». Важнейшей особенностью округов была возможность их развития на основе собственного потенциала, без дотаций с более высоких уровней управленческой иерархии. Каждый округ имел определенный хозяйственный уклон, свои перспективы развития.

Округа сыграли большую роль в территориальной организации областного хозяйства. Но уже в начале 1930-х гг. они стали мешать создаваемой ведомственной, чрезмерно централизованной системе управления и были упразднены.

Административное закрепление округов в настоящее время – насущная необходимость. У муниципальных районов в их сегодняшних территориальных рамках нет достаточного потенциала для эффективного функционирования. Переход к новой территориальной организации местного самоуправления на основе выделенных управленческих округов резко снизит количество дотационных территорий, оптимизирует направление многих финансовых потоков, усилит концентрацию финансовых и материальных ресурсов там, где они необходимы для решения насущных проблем.

Сочетание центров субъектов федерации с субцентрами (центрами управленческих округов) позволит передать ряд экономических, социальных и культурных функций непосредственно на места. Одновременно центры округов представят гораздо больше возможностей населению тяготеющих к ним территорий по сравнению с существующими сегодня райцентрами. Появится возможность создания единых органов управления и для агломераций. Последние имеют место во многих развитых странах мира и позволяют эффективно регулировать процесс урбанизации, являющийся общемировым.

В то же время у исполнительной власти на краевом уровне появится больше возможности заниматься стратегическими вопросами развития региона, уйти от решения частных вопросов территорий.

Округа должны быть целостными образованиями, создаваться на основе всестороннего учета сложившихся социаль-

ных, торговых, культурных, трудовых, производственных взаимосвязей.

На территории края центры многих округов реально уже существуют. Это так называемые межрайонные центры, в которых замыкаются многие социальные и хозяйственные связи тяготеющих к ним территорий (Кунгур, Березники, Чайковский, Пермь и др.).

В Свердловской области в 1995г. указом губернатора Свердловской области от 18.09.95 № 12 структура исполнительной власти дополнена шестью управленческими округами.

Первый уровень местного самоуправления (топоуровень в районировании, уровень городских и сельских поселений в современной системе территориальной организации местного самоуправления) также должен быть реформирован. В каждом из социально-эколого-экономических районов топоуровня должно замыкаться большинство повседневных циклов жизнедеятельности людей. Многие современные поселения этому критерию не соответствуют.

Основные аспекты оптимальной системы территориальной организации опубликованы в монографии

Субботина Т.В., Шарыгин М.Д. Территориальные социально-эколого-экономические системы. Пермь, 2011.

В монографии рассматриваются территориальные социально-экологические системы, их состав, функционирование и пространственная организация. Раскрывается антропоцентризм данных систем, роль и место человека в них, качественные и количественные параметры общностей людей. Дается представление о строении частных и интегральных сред жизнеобитания человека, предлагаются подходы к их оценке. Кроме того, выявляются источники движущие силы развития и проблемы оптимизации функционирования территориальных социально-эколого-экономических систем.

Предложения по оптимизации территориальной организации регионального управления и местного самоуправления были даны в одном из разделов проекта

Программы социально-экономического развития Пермского края.

Необходимая инфраструктура для полной реализации направления пока не представлена должным образом, но сделаны необходимые заявки в рамках развития материально-технической базы исследовательского университета.

Разработка обладает высоким научно-техническим уровнем по отношению к отечественным аналогам. Прямое сравнение с зарубежными аналогами не совсем корректно, так как в развитых европейских странах преобладает не сплошное, а выборочное районирование (выделение проблемных районов и т.п.). Тем не менее, в разработке учтены наиболее фундаментальные подходы зарубежных научных школ.

Потенциальными пользователями Разработки могут быть Министерство регионального развития Пермского края и иные профильные министерства субъектов Российской Федерации.

Кластерно-доминантный метод как инструмент формирования эффективной территориальной организации туристско-рекреационной сферы региона.

Метод разработан в период 2004 - 2011 гг. на кафедре туризма Пермского государственного университета. Руководитель работ д.г.н., профессор А.И. Зырянов.

Современные процессы развития туризма, в РФ и в том числе в Пермском крае свидетельствуют о неэффективности применяемых подходов в планировании этой сферы. Для того чтобы вывести туристскую сферу региона на российский и возможно международный уровень следует менять систему планирования. Необходимо перейти от разработки отдельных туристских проектов к системному развитию туризма в регионе. Один, даже очень известный, туристский объект в крае не обеспечивает необходимой основы для продвижения региона на высокий уровень. Через развитие системы туристских объектов, выражающих возможности всех территорий края можно выйти на принципиально иные масштабы этой деятельности.

Для этого можно применить кластерно-доминантный метод. Кластерная концепция во многом созвучна отечественному учению о территориально-производственном комплексе (ТПК). Оба понятия отражают территориальное сочетание предприятий на определенной территории, которое за счет взаимной пространственной близости и связанности дает дополнительный эффект. Основные черты сходства и различия кластеров и территориально-производственных формирований советского типа основательно проанализированы А.И. Костяевым (2006). Они раскрыты на примере агропромышленной сферы. Однако различия в этих понятиях значительные и существенные.

Отечественные экономико-географы справедливо отмечают пока слабую возможность практического применения концепции кластеров по сравнению с тем, как применялось учение о ТПК (Бакланов, 2007). Стройная теория ТПК способствовала развитию экономики Советского Союза, формированию крупных промышленных узлов в разных экономических районах. Однако, учение о территориально-производственных комплексах не применялось для планирования развития туризма даже в советское время, поскольку разрабатывалось для производственной и в основном промышленной сферы.

Несмотря на территориальный смысл, понятие «кластер» наиболее широко используется в экономической науке (Шаститко, 2009). По нашему мнению, экономико-географы во многих отношениях могут пойти дальше экономистов в развитии и применении понятия «кластер» в связи с тем, что в этот термин вкладывается пространственное содержание, а только географ почувствует и наиболее правильно определит, как данное пространство закономерно структурировано. Однако пока понятие кластера не работает в отечественной экономической географии, так как работало понятие ТПК.

Итак, кластер это временное взаимодействие предприятий, пространственно соподчиненных и конкурирующих на одном рынке. Их сотрудничество происходит

в связи с появлением предприятия-лидера, в результате чего достигается эффект.

Чем отличается *туристский кластер* от кластеров прочих видов? Главное отличие кластера в туристской сфере от всевозможных прочих (производственных, агропромышленных, сервисных и др.) – в его *маршрутной территориальной организации*. Туристский маршрут и соответствующий ему туристский поток связывает объекты, превращая их из конкурирующих во взаимодействующие элементы системы. Благодаря туристскому потоку формируется кластер.

Доминантой туристского кластера может быть как объект инфраструктуры (средство размещения) так и объект туристского интереса (горнолыжный комплекс), но в любом случае главное условие развития туристского кластера – это *наличие или появление маршрутов и туристских потоков*. Яркими примерами возникающих туристских кластеров является активизация туризма на территории в связи с культурным событием, вызывающим событийные туристские потоки.

Технологически применение кластерного подхода к развитию туризма в регионе заключается в следующем:

1. Необходимо определить основные конкурентные туристские преимущества Пермского края среди регионов России, а возможно и мира, и обозначить территории, где выделенные преимущества проявляются наиболее ярко. Понятие конкурентных преимуществ региона достаточно распространенное. При этом, здесь есть доля образности.

2. Затем следует провести туристское районирование края с учетом его основных конкурентных туристских преимуществ. Надо выделить районы, которые отличались бы выражением какого-либо основного преимущества. В таком случае каждый район мог бы предлагать особенные турпродукты и взаимодополнять друг-друга в региональной системе. В таком случае на основе туристских районов складываются или могут сложиться территориальные сочетания предприятий – туристские кластеры. В связи с этим на основе сетки туристских районов следует определить про-

странственную структуру будущих туристских кластеров, т.е. протокластеров, осуществить их зонирование.

3. Далее необходимо выделение доминант в протокластерах (т.е. территориях на которых может при определенных обстоятельствах сформироваться кластер). В эту задачу входит определение географического места и функции будущего объекта, который способен своим появлением и развитием внести позитивное движение на гомогенном поле туристской среды и сформировать эффективную и полезную туристско-рекреационную систему. Затем следует перейти к проектированию туристского кластера.

Предлагаемый метод может быть применен при решении проблем развития туристской сферы в регионе. При этом роль географических исследований первична, так как связана со всеми этапами работы: определением конкурентных преимуществ региона, районированием на основе преимуществ, планированием кластеров, их зонированием, поиском и проектированием кластерных доминант и формированием туристских маршрутов и потоков.

Отличие данного подхода от распространенных методов в том, что не выделяются приоритетные города и районы как полюса роста, не предпринимаются попытки обозначения единичных географических мест и конкретных туристских объектов для государственной поддержки и частных инвестиций. Суть идеи в том, что регион должен целиком позиционировать себя в мировом туристском движении. Все его территории, являясь ареной формирования туристских кластеров, взаимодополняя друг-друга, посредством реализации главных ресурсов и взаимосогласованного легендирования, с помощью проектирования доминант создают активно работающую региональную туристско-рекреационную систему.

Основные результаты разработки проблемы опубликованы.

А.И.Зырянов, С.Э.Мышлявцева «Технология развития туризма в новом районе». Региональные исследования, Смоленск, 2011 4 вып. (в печати). Журнал перечня ВАК.

Зырянов А.И., Мышлявцева С.Э. Туристские кластеры Пермского края // Туризм в глубине России: сб. тр. междунар. науч. семинара (19-25 июля 2010 г.)/ Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010. с. 3-10.

Зырянов А.И., Мышлявцева С.Э., Резвых В.В. «Зонирование территории для инвестиций в туристскую отрасль (на примере пермского края)» Географический вестник, Пермь, изд-во Перм. ун-та, 2009 г. Вып. 1 с. 88-93

Разработка обладает высоким научно-техническим уровнем по отношению к отечественным аналогам. Сравнения с зарубежными аналогами не проводилось.

Прямое сравнение с зарубежными аналогами не совсем корректно, так как в развитых европейских странах преобладает не сплошное, а выборочное районирование (выделение проблемных районов и т.п.). Тем не менее, в разработке учтены наиболее фундаментальные подходы зарубежных научных школ.

Потенциальными пользователями разработки является Министерство культуры, молодежной политики и массовых коммуникаций Пермского края.

Summary

One of the main objectives of the University Development Programme as National Research University is to reach the level of the world leading scientific centers with the modern, efficient and regular developing laboratory-based analytical complex which supports scientific researches and hi-tech studies by the adapted innovative system and flexible infrastructure which in the nearest future will allow to transform the university scientific potential into the leading resource of its development.

The objective to a large extent determines a number of the important functions in the mission of Perm State National Research University:

- be the conductor for federal science, technology and innovative policy in the Perm Krai;

- to meet the needs of society for new knowledge, highly qualified specialists and production of high-intelligent goods and services;

- to meet the needs of the Perm Krai in research and development, design and experiment and innovative activity in the sphere of socio-economic priorities.

For the University development in the new status there have been the objective prerequisites, which at the present time are strengthening and improving, while the new ones are developing. The prerequisites are determined by the developed multifacet, functional scientific and educational infrastructure; great scientific potential and high qualification of the scientific and pedagogical staff; modern base of facilities and equipment for research and experiment; historically proved and constantly supported creative relations with academic and higher education scientific schools of Russian and international scientific community, developed business relations with administrative, industrial entities and business units not only of the Perm Krai, but also of many other subjects of the Russian Federation.

At the present stage an acute task of the University management in the sphere of

science is to focus on the breakthrough scientific trends and technologies.

The formed scientific trends and implemented structural reforms of the University are based on real, innovative and promising theoretical and practical results, obtained by the creative teams in the course of regional and federal priority research realisation.

Today the priority scientific trend of the University development “Environmental management: foresight and management of natural and socio-economic system technologies” is implemented in 35 scientific trends and a dozen of specialized subtrends at the departments, scientific institutes, centres and laboratories of the optimized structure of National Research University. All the divisions, realizing their intellectual potential within the Programme trends, have the necessary basic scientific results, highly qualified staff, and laboratory and facility base. All the divisions have detailed development programmes, which guarantee effective results of high-tech infrastructural scientific and education value for the next 10 years.

In general the scientific activity of the University is aimed at solving complex and interdisciplinary problems in the context of multifacet interaction of Nature, Society and Human. Real scientific interests of the investigators working in National Research University are focused on specific critical technologies.

Out of 34 items included in the List of Critical Technologies of the Russian Federation, approved by the President of the Russian Federation, 17 are in the sphere of the scientific interests of the University investigators; and they are developed in accordance with the research programmes of the scientific and education complexes:

- bioinformation technologies;
- biocatalytic, biosynthetic and biosensor technologies;

- biomedical and veterinary technologies of life support and protection of man and animals;
- genome and postgenome technologies of medicines;
- cell technologies;
- nanotechnologies and nanomaterials;
- hydrogen energy technologies;
- mechatronics technologies and micro system technologies;
- technologies of the atmosphere and hydrosphere monitoring and prognosis;
- new and renewable energy technologies;
- information processing, storage, transfer and protection technologies;
- technologies of resource assessment and forecasting of the lithosphere and the biosphere;
- technologies of processing and utilization of technogenic formations and waste;
- technologies of distributed computation and systems;
- technologies of risk reduction and mitigation of natural and man-made disasters;
- technologies of creation and processing of crystalline materials;
- technologies of energy-saving systems of heat and electric power transportation, distribution and consumption.

It is obvious that modern technological solutions are impossible without the world level laboratory and facility base. The upgrading of the material and technical base of the scientific activity is part of the University development strategy, the basis of the “centers of excellence” in effective management of natural and socio-economic systems.

The breakthrough in the radical updating of the facility base was made in 2006-2007 due to the implementation of the innovative educational programme “Formation of information and communication competence of classical university graduates in accordance with requirements of information society” in the framework of the priority national project “Education”. Due to the programme the material and technical base not only of the scientific activity, but also of the educational activity and the information infrastructure was substantially updated. The installed

equipment, total cost 250 mln. rub., is of the world standard. The unique laboratory complexes were equipped by the facilities to carry out advanced research in biotechnology, nanotechnology, in various fields of Physics, Chemistry and Geology.

These are the laboratories which formed the bases of the Laboratory Research Centres of the national status, equipped according to the world research laboratory standards, which serve researches in the domains of national and international priorities. Within the Development Programme of Perm State National Research University from 2010 to 2019 the University has been and will continue to be equipped by the unique research facilities; new laboratories of the world standard will be established. Total funding for the unique equipment purchase over the programme implementation exceeds 800 mln. rub. In addition, in the framework of the programme the laboratories for specific types of research, total cost over 290 mln. rub., are modernized and established. No doubt, all this and much more, for instance, “Software development and purchase for scientific activity”, “Development and implementation of the motive-oriented programme to stimulate scientific and pedagogical staff to publish high level scientific papers”, “Pedagogical staff further education and professional retraining”, will help to generate new fundamental knowledge and technology in management of natural and socio-economic systems.

The formed scientific and scientific-methodical potential of the University priority development, the highly qualified scientific staff, leading scientific schools, unique material base, huge work done, successful practice, real scientific relations, relations with business entities of regional, national and international levels and the infrastructure established within National Research University allow in a relatively short time not only to reach the world level, but also to increase efficiency of high-technology development and commercial use.

In this book the specificity of the main technologies and methods, aimed at the solutions of the problems of prognosis and man-

agement of natural and socio-economic systems, developed by the scientists of Perm State University is presented. The specificity description is structured according to the primary scientific activity trends of Research and Educational Complexes, formed and developed within the Development Programme of National Research University. The characteristics of the facilities and established laboratory complexes are also described in the book. The book is intended for researchers, higher education pedagogical staff, research institutes, foreign research, research and education centers, as well as for higher vocational education management staff, heads and employees of the entities working with innovative and high-tech product commercial development.

Научное издание

Прогноз и управление природными и социально-экономическими системами:
современный инструментарий, методы, технологии для реализации приоритет-
ного направления развития «Рациональное природопользование: технологии
прогнозирования и управления природными и
социально-экономическими системами»

Составители: Катаев Валерий Николаевич,
Литвиненко Николай Иванович,
Любимов Дмитрий Викторович,
Максимов Владимир Петрович.
Под общей редакцией В.Н. Катаева

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка К.В. Катаевой

Подписано в печать 21.09.2011г.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 18,36
Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г.Пермь, ул. Букирева, 15

Типография Пермского государственного национального
исследовательского университета
614990, г.Пермь, ул. Букирева, 15