Физика систем – посткибернетическая парадигма системологии

Д.т.н. Качанова Т.Л., д.т.н., Фомин Б.Ф.

Кафедра управления проектами, факультет инноватики, СПбГПУ

Аннотация
Физика систем предложила новый подход к познанию, пониманию и объяснению феномена сложности открытых систем. Своим появлением физика систем обязана решению общей задачи реконструктивного анализа природных, гуманитарных, техносферных систем по их эмпирическим описаниям. Это решение положило начало научному знанию о системообразующих взаимодействиях и внутреннем мире открытых систем. Аналитический аппарат научного понимания и рационального объяснения сформировался в результате создания языка систем и квалитологии системного знания. Становление новой парадигмы завершилось после решения проблемы синтеза научных реконструкций состояний, эволюций состояний, эмерджентных свойств открытых систем.
Физика систем исследует открытые системы в естественных масштабах и реальной сложности. Идеи и методы физики систем воплощены в информационных технологиях, обеспечивших поиск регулярности, редукцию сложности и реконструкцию целого открытых систем. Технологии физики систем автоматически генерируют достоверное научное знание из данных, накопленных эмпирической наукой.

Ключевые слова: открытые системы, системное знание, системные реконструкции, онтологическое моделирование, коммуникативное моделирование, моделирование состояний.

1. Введение

Идеи физики систем зарождались в 70-е годы под влиянием работ чл.-корр. АН СССР А.А.Вавилова и его учеников (*СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*). Эти работы по эволюционному синтезу были первой попыткой глубокого исследования структур отношений в динамических системах [1].
Важным шагом к физике систем было сотрудничество научных групп проф. Б.Ф. Фомина (*СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*) и проф. В.В. Калашникова (*Институт системных исследований РАН, Москва*) в области компьютерных технологий системного моделирования [2].
Возникновению физики систем способствовали масштабные исследования механизмов обструкции бронхов и легких, выполнявшиеся под руководством чл.-корр. РАМН. Г.Б. Федосеева *(1-й ГМУ имени Акад. И.П. Павлова)*. Утверждение идеи физики систем непосредственным образом связано с созданием Т.Л. Качановой (*СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*) пакета программ COMOD (*COnceptual MODelling*) для изучения физиологических и патогенетических механизмов обструкции бронхов и легких.
В 1994 г. Т.Л. Качанова и Б.Ф. Фомин начали систематическую научную разработку подхода, реализованного в COMOD. К 1996 г. определились методологические основания, главные научные положения и ключевые проблемы физики систем [3-5].
В 2003 г. сформировался проект «Физика систем», направленный на создание и применение инфраструктуры и приложений для производства и обращения с научным системным знанием. Для выполнения проекта был создан консорциум «Институт стратегических разработок». В состав консорциума вошли авторы физики систем, разработчики технологий физики систем, участники прикладных апробаций физики систем.
Апробация проводились в шести направлениях: вычислительная токсикология, экологическая генетика, системная биология [6-8]; теоретическая медицина [9-11]; планетарная физика [12-14]; безопасность [15]; технологические платформы генерации научного системного знания; менеджмент знания.

2. Базис новой парадигмы системологии

Основой системологии служит триада фундаментальных наук - философия, физика и математика.
Философская наука категориальна и априорна в своих основаниях. Она утверждает, что в основе всего сущего лежат общие начала, выражающие главные смыслы реального мира. Задачей философии является создание завершенной системы принципов и универсальных законов бытия.
Математика строит предельно абстрактный мир универсальных символических конструкций, создает идеальные объекты вне связи с эмпирическим опытом. Важнейшими понятиями математики являются фундаментальные абстракции. Они лежат в основании строгих математических методов, к символическим конструкциям которых в конечном итоге сводятся представления частных наук.
Физика познает общие принципы и закономерности строения мира в процессе конкретного эмпирического изучения природы. Целью физических исследований является проникновение в глубины строения вещества и природу взаимодействий, познание сущности явлений и процессов через открытие фундаментальных законов объективного мира, рис. 1.

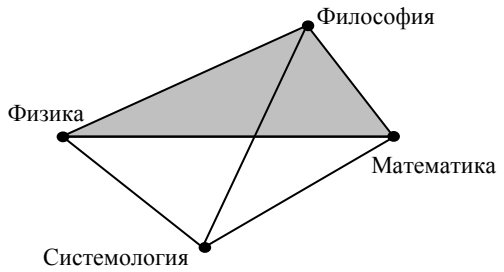


Рис. 1. Кватернер фундаментальных наук.

Системология становится еще одной фундаментальной образующей научного знания. Она создает особый мир понятий – мир систем. Каждая система в этом мире выступает в качестве предельно общего универсального по форме, конструктивно

постигаемого образа. Этот образ имеет свое основание в эмпирическом опыте, передает смыслы объектов и явлений реальности, воплощен в абстрактных интерпретируемых формах.

Проблема познания явлений, процессов, объектов реальности есть проблема раскрытия присущей им сложности, воспринимаемой как неоднородность, многокачественность, полифундаментальность, полиморфизм, субстанциальный плюрализм.

Проблема сложности стала первопричиной системного движения. Содержание системологии определяют задачи редукции сложности к простоте и реконструкции сложного единства. Понимание сложности открытых систем в новой парадигме системологии достигается через понятие «Система». Это понятие является первичным и главным в физике систем.

3. Определение системы в физике систем

Понятие «Система» является предметом фундаментального исследования и продуктом познавательной деятельности, организующей понимание эмпирических фактов через постижение скрытых в этих фактах смыслов природы явлений и процессов. Первичным в идее системы является единство. Выход идеи системы из мира смысла вовне связан с разделением единства и проявлением его в реальной действительности через множество носителей идеи системы. Носители являются объектами действительного мира. Их состояния доступны для эмпирического определения. Каждое состояние носителя служит отображением какого-то одного определенного смыслового среза системы. Научное понимание и объяснение сущности системы во всех ее смысловых срезах связано с определением множества всех состояний ее носителя, рис. 2.

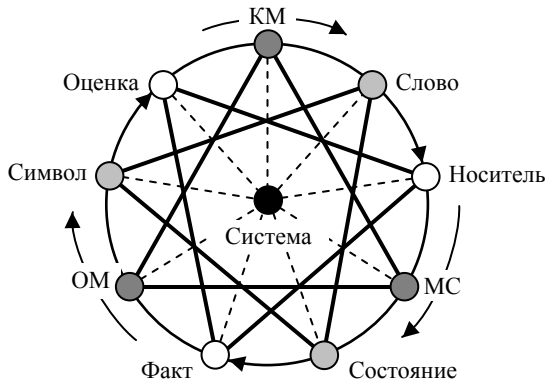


Рис. 2. Определение понятия «Система»: ОМ – онтологическое моделирование; КМ – коммуникативное моделирование; МС – моделирование состояний

На уровне общесистемного знания открытая система представлена триадой «Символ – Слово – Состояние». Эта триада передает смысловую организацию, смысловую активность, смысловые формы понятия «Система».

Смысловая организация (Символ) раскрывает устроение многокачественного единства системы, частями которого являются индивидуальные единства, имеющие каждое свое ядро, устроенное из уникальных первичных элементов (синглетов).

Смысловая активность (Слово) проявляется через качества и свойства всех элементов и частей системной организации, порождающих язык системы, способный передать вовне ее раскрытый и понятый смысл.

Смысловые формы (Состояние) обозначают и оформляют понятый смысл системы, определяют формальный синтетический образ (реконструкцию) ее системного единства, способный воплощаться во множественных объектах реальности.

В действительном мире триада «Символ – Слово – Состояние» имеет свое отражение в триаде «Факт – Оценка – Носитель». Эта триада укоренена в *наблюдаемой реальности (Факт)*, соприкасается с реальностью через *объекты действительности (Носитель)*, устанавливает *меры (Оценка)*, выражающие способность факта воспринимать и брать на себя смыслы системы, воплощенные в носителе.

Триада «Символ – Слово – Состояние» связана с триадой «Факт – Оценка – Носитель» через триаду «ОМ (онтологическое моделирование) – КМ (коммуникативное моделирование) – МС (моделирование состояний)». Данная триада передает процессы познания, понимания и оформления идеи системы.

Процесс познания сущности систем определяет онтологическое моделирование. Оно использует принципы устроения смыслового мира систем *(доктринальная модель)*, вводит и обосновывает основополагающие понятия и представления о системе *(диалектическая модель)*, применяет научный метод познания сущности систем *(конструктивно-методологическая модель)*, воплощает раскрытые системные смыслы во внешних абстрактных образах *(символическая модель, знаковая модель, портреты системы)*. В процессе познания возникает общенаучное знание о системе [16-18].

Система становится объектом *понимания и объяснения* в результате преобразования общенаучного знания в знание обо всех актуальных состояниях системы. Свойства и качества элементов, частей и всей смысловой системной организации в целом отображаются в *словах и понятиях языка*, представленных на уровнях семов языка, его лексического состава, денотативных и коннотативных значений слов, синтагматических связей [19,20]. Применение языка систем для научного понимания и рационального объяснения знания поддерживает коммуникативное моделирование. Совокупность состояний системы, возникших в смысловом мире, определяет систему в категориях величины, количества и порядка, способную реализоваться в действительности. Носитель каждого такого состояния в мире факта известен. Через носитель возникает образ системы в реальном мире. Этот образ дан во множестве наблюдаемых состояний, унаследовавших качественно-смысловое устроение системы, наполненных количественными значениями мер и их предметными атрибутами. Качество преобразования общенаучного знания о системе в научное знание о ее конкретных состояниях, характеризуется мерами понимания, служащими основанием при синтезе состояний и средством оценивания качества эмпирического факта и общесистемного знания с позиций завершенности синтеза.

Актом *оформления системы* является моделирование состояний, в итоге которого смыслы системы выходят на объекты реальности, отождествляются с

фактом и порождают систему в новой форме проявления ее единства и целостности, обусловленной ее общей смысловой организацией. Для каждого экземпляра носителя создается реконструкция состояния системы.

Актуальные состояния определяются в чисто внешней форме через носитель и значения его мер. В результате моделирования возникают состояния системы, отвечающие сборкам ее качествований в смысловом мире. Каждое наблюдаемое состояние получает внутреннюю форму определения (научную реконструкцию), в которой оно задается набором информативных мер, организованных в самосогласованную смысловую структуру, оснащенную атрибутами, выражающими эмерджентные свойства и качества системы в данном состоянии.

4. «Интеллектуальная машина»

Производство научного знания из эмпирических описаний открытых систем проходит шесть этапов в три стадии, рис. 3.

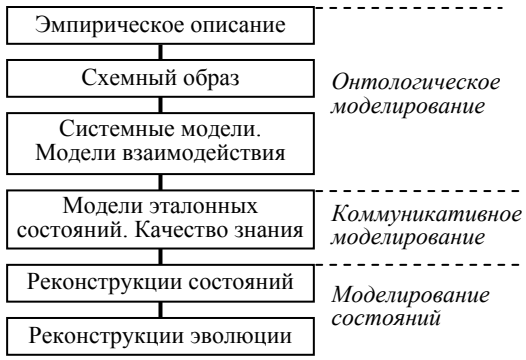


Рис. 3. Этапы и стадии производства знания

Онтологическое моделирование производит символизированное общесистемное знание, воплощенное в системных моделях. Коммуникативное моделирование преобразует системные модели в модели эталонных состояний, детерминированные мерами понимания и оценивания качества знания. Моделирование состояний создает научные реконструкции всех актуальных состояний системы, эволюции ее состояний, эволюции ее эмерджентных свойств.

Эмпирическое описание открытых систем создается на основе данных, накопленных эмпирической наукой. Эмпирическое описание задает исходное представление системы. Операциями, определяющими его построение, являются: выбор носителя *(обособление)*; описание состояния носителя фиксированным набором показателей *(полнота)*; определение множества экземпляров носителя *(представительность)*.

Исходный схемный абстрактный образ системы возникает на основе ее эмпирического описания. Он служит внешней манифестацией латентных внутрисистемных механизмов и процессов, представляет систему как одно целое, построенное путем объединения нормативных первичных элементов - атрибутированных бинарных отношений между всеми показателями системы.

Системные модели и модели взаимодействия образуют символизированное общесистемное знание, на базе которого раскрываются внутрисистемные механизмы. Множества системных моделей и моделей взаимодействия получаются из исходного абстрактного схемного образа системы. Каждая системная модель описывает всю систему в какой-то одной ее *качественной определенности (локальности)*, сформированной характерным механизмом системообразования. Множество моделей взаимодействия определяет все типы структурных и поведенческих инвариантов, объясняющих единство многокачественной системы.

Модели эталонных состояний возникают из системных моделей. Каждая системная модель порождает четыре модели эталонных состояний. Каждое эталонное состояние системы формируется одним уникальным внутрисистемным механизмом.

Качество научного системного знания зависит от того, насколько полно и правильно это знание выражено во внешних символизированных формах системных моделей. Для всех системных моделей установлены объективные интегральные оценки качества выраженности смыслов в каждой отдельно взятой модели *(оформленность, однородность, адекватность)*.

Все актуальные состояния системы представлены в ее исходном эмпирическом описании. На базе системного знания для каждого актуального состояния порождается его научная реконструкция - формальная модель, раскрывающая все внутрисистемные механизмы в их взаимодействии, детерминирующие данное состояние системы.

Научные реконструкции возникают в результате синтеза системы как единства целого в каждом ее актуальном состоянии. В качестве системных частей этого целого выступают определенные наборы моделей эталонных состояний, раскрывающие каждая какой-то один характерный аспект состояния системы. Модель имеет структуру, *основой которой является ее ядро*. Ядро передает идею конкретного состояния объекта и несет в себе потенциал изменчивости этого состояния.

Актуальные состояния объектов наблюдения в их эмпирических описаниях упорядочены по времени (или другому упорядочивающему параметру). Реконструкции эволюции состояний объектов анализа представляют собой формальные модели, в которых набор реконструкций состояний объектов анализа упорядочен по времени. Эти модели формально описывают объект анализа в целом с его характерными проявлениями на заданном интервале времени. Реконструкции эволюции состояний раскрывают системные свойства объекта через *эволюцию ядер моделей его состояний, актуализацию системообразующих механизмов, множество атрибутов, оценивающих системную функцию показателей*.

Каждому показателю в реконструкциях отвечают атрибуты уровня значений, важности и подвижности. *Атрибут важности* характеризует показатель как необходимый элемент идентификации конкретного актуального состояния объекта. *Атрибут подвижности* оценивает потенциал изменчивости показателя в данном состоянии, способный реализоваться в будущем.

Актуализация каждого системообразующего механизма на интервале наблюдения выявляет наличие всех его эталонных состояний, порядок следования, частоту встречаемости и силу проявления этих состояний в эволюции. *Актуализация механизма* означает актуализацию

соответствующей модели эталонного состояния системы. *Актуализация модели* утверждает допустимые интервалы согласованной изменчивости показателей в тех пунктах шкалы параметра порядка, в которых состояния объекта отвечают этой модели.
Порядок следования, частота встречаемости и сила проявления состояний в эволюции механизма обусловлены совместным действием всей совокупности системообразующих механизмов, формирующих каждое состояние объекта анализа. Степень согласованности действия всех этих механизмов оценивается *атрибутом важности*. Наличие и меру рассогласованности действия механизмов измеряет *атрибут подвижности*.
Реконструкция эволюции состояний охватывает множество моделей внутрисистемных механизмов, определяющих эту эволюцию, порождает наборы атрибутов моделей и показателей, образующих базу рационального объяснения природы наблюдаемой изменчивости объекта анализа.

5. Форматы системного знания
Результатом применения методов и технологий физики систем является научное системное знание, имеющее форматы моделей, атрибутов эмерджентных свойств; классов состояний и определений классов.
Знание в форматах моделей:
– системообразующие механизмы, заданные инвариантными структурами отношений, порождающие эталоны состояний системы с характерными областями изменчивости показателей;
– внутрисистемные взаимодействия, выражающие свойство когерентности системообразующих механизмов, раскрывающие потенциалы изменчивости состояний;
– состояния объектов анализа с нормативными характеристиками этих состояний;
– эволюция состояний объекта анализа, описывающая закономерности смены состояний по параметрам порядка.
Знание в форматах атрибутов эмерджентных свойств является знанием о показателях, воспринимаемых как эмпирический факт, носитель системного смысла, момент понимания и объяснения наблюдаемых состояний и эволюции состояний. Знание о каждом показателе раскрывается через оценки его способности:
– проявлять во внешних формах изменчивости величин многокачественную сущность системы;
– передавать вовне сущность системы как неоднородного единства целого;
– играть определенные системные роли в моделях эталонных состояний;
– иметь характерную смысловую активность в механизмах внутрисистемных взаимодействий;
– обладать системным предназначением в каждой отдельно взятой модели эталонного состояния;
– осуществлять смысловое квантование наблюдаемых значений величин;
– быть необходимым элементом смыслового определения состояния объекта анализа и закономерности эволюции его состояний.
Системное знание в форматах классов состояний объектов и определений классов:
– классификация наблюдаемых состояний объектов анализа по множеству его качеств, раскрытых в системных моделях эталонных состояний;
– правила, определяющие внутри каждого класса состояний границы областей, в которых актуальные состояния оцениваются по степени проявления в них качества, характеризующего этот класс.
Научное системное знание в таких форматах объясняет каждый объект анализа в каждом его отдельно взятом актуальном состоянии, в каждом качестве, присущем этому объекту в этом состоянии, с известной степенью проявления данного качества.

6. Достоверность системного знания
Научный метод физики систем обеспечивает производство достоверного системного знания. Достоверность обеспечена объективностью, системностью, верифицированностью знания.
Объективность знания обусловлена опорой на эмпирический факт как единственный источник объективной информации об объектах реальности. Системное знание во всех его форматах автоматически генерируется из эмпирических данных технологиями физики систем без всякого обращения к экспертному знанию.
Системность знания гарантирована научным методом физики систем, в котором объект анализа на каждом этапе генерации знания рассматривается как система, взятая как единое целое, либо как все целое, проявляющееся в условиях части. Этим обусловлена достоверная передача эмерджентных свойств систем.
Физика систем преодолевает сложность открытых систем с той степенью полноты, с которой эта сложность исходно проявлена в эмпирических описаниях. Степень раскрытия сложности оценивается *качеством (полнотой, завершенностью)* знания.
Основой системного знания являются формальные системные модели, адекватность которых проверяется научно обоснованными *процедурами верификации*.

7. Технологии физики систем
«Интеллектуальная машина» физики систем воплотилась в технологиях ее аналитического ядра:
– *технология системных реконструкций (ОМ - технология)* генерирует, организует, оформляет и представляет интеллектуальный ресурс (базу научного системного знания);
– *технология системной экспертизы (КМ-технология)* осуществляет смысловой анализ, объяснение, детерминацию интеллектуального ресурса, оценивает научное системное знание с позиций его достоверности, полноты, завершенности, применимости, значимости, актуальности;
– *технология системного дизайна (МС-технология)* синтезирует адекватные модели состояний и эволюции состояний системы, исследует эмерджентные свойства системы, генерирует, организует, оформляет, конфигурирует системные решения проблем;
– *технология формирования эмпирических контекстов* преобразует многоцелевое видение системы в информационный ресурс генерации научного знания;
– *технология генерации поведения решений* предоставляет высоко автоматизированный интерфейс к стандартным средам компьютерного моделирования, «оживляет» системные решения, создает детальные поведенческие портреты;
– *технология аналитического и графического оформления решений* поддерживает высоко

автоматизированный интерфейс к стандартным средам оформления решений.

Технологии аналитического ядра обеспечивают:

– наработку и экспертизу достаточности *информационных ресурсов* генерации завершенного знания об открытых системах;

– выявление дефектов информационных ресурсов, формирование требований к дизайну и менеджменту информационных мониторингов систем и проблем;

– генерацию *интеллектуальных ресурсов (баз системного знания)* научного понимания и рационального объяснения сложности систем;

– экспертизу интеллектуальных ресурсов на актуальность, применимость, достаточность для научного понимания и рационального объяснения свойств, состояний, эволюции открытых систем, получения завершенных решений целевых проблем.

Действующие технологии аналитического ядра физики систем положили начало:

– практическому освоению огромных объемов накопленных эмпирических данных о природных, гуманитарных и техносферных системах; созданию баз достоверного научного знания об открытых системах;

– генерации комплексных решений по сложным проблемам открытых систем на основе научного знания;

– созданию технологических платформ *R&D*, основанных на знании;

– устранению технологических барьеров междисциплинарного взаимодействия на основе широкого использования языка открытых систем и квалитологии системного знания.

Технологическая база аналитического ядра физики систем развивается. В завершенном виде аналитическое ядро должно иметь девять технологий, в которых физика систем получит свое полное воплощение, табл. 1, рис. 4.

Таблица 1. Состав, свойства, готовность и перспектива развития технологий аналитического ядра.

Технологии	Лидерство, независимость	Развитие		
		2009	2010	2011
Технология системных реконструкций	Лидирующие независимые технологии	[5]	[5]	[5]
Технология системной экспертизы		[5]	[5]	[5]
Технология системного дизайна		[4]	[5]	[5]
Технология формирования эмпирических контекстов	При правильных действиях в 2011 г. может быть обеспечено лидерство и независимость технологий	[4]	[4]	[5]
Технология формирования видения проблем		[3]	[3]	[4]
Технология предметной экспертизы		[3]	[3]	[4]
Технология формирования закономерностей		[3]	[3]	[4]
Технология генерации поведения решений	Зависимые технологии. Зависимость несущественная	[4]	[5]	[5]
Технология аналитического и графического оформления решений		[4]	[5]	[5]
[3] – лабораторный макет, [4] – опытный образец в реальной среде, [5] – полная готовность.				



Рис. 4. Технологический цикл производства системного знания и решения системных проблем на основе знания

8. Заключение

Физика систем разработана отдельной научной группой. В настоящее время развитием и применением физики систем занимается консорциум «Институт стратегических разработок» (*http://isd-consortium.ru/*). Его основные усилия направлены на:

– продвижение физики систем в научное

сообщество, образование и бизнес в качестве новой парадигмы системологии;

– реализацию технологий физики систем в социально значимых проектах генерации знания на основе данных о природных, гуманитарных и техносферных системах;

– создание адекватной инфраструктуры и эффективных программных приложений для автоматической генерации полного, завершенного, достоверного, объективного знания об открытых системах; глубокого научного понимания и рационального объяснения полученного знания;

– поддержку полного жизненного цикла научного знания об открытых системах, выступающего в качестве нового наукоемкого рыночного продукта.

На основе методов и технологий физики систем выполнено более 60-ти прикладных проектов в приоритетных областях знания.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ISTC в рамках проекта № 3476 “Unified Method of State Space Modeling of Biological Systems”.

Литература

1. *Вавилов А.А., Имаев Д.Х., Фомин Б.Ф.* Системное моделирование, анализ и эволюционный синтез сложных систем управления // Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР А.А. Вавилова. - М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. С.5-100.

2. *Технология системного моделирования* // Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др.; под общ. ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1988. – 520 с.

3. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Реконструктивный анализ поведения сложных систем по эмпирическим данным / Издательско-полиграфический центр СПбГЭТУ. СПб., 1997. 68 с. (Препринт № 1).

4. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Симметрии, взаимодействия в локальностях, компоненты поведения сложных систем / Издательско-полиграфический центр СПбГЭТУ. СПб., 1998. 126 с. (Препринт № 2).

5. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Новая методологическая платформа общей системологии / Издательско-полиграфический центр СПбГЭТУ. СПб., 1998. 41 с. (Препринт № 3).

6. *Агеев В.О., Арасланов А.В., Качанова Т.Л., Самойлов В.О., Туральчук К.А., Филатов Б.Н., Фомин Б.Ф., Фомин О.Б., Ширшов С.А.* Системный анализ влияния условий труда на состояние здоровья персонала опасного химического производства // Труды IV Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» (PACO'08). М.: ИПУ РАН, 2008. С. 1-22.

7. *Ageev V., Fomin B., Fomin O., Kachanova T., Shirshov S., Turalchuk K., Kopylev L., Chen C.* “Technologies of Physics of Systems will help to realize ToxCast mission” // The First ToxCast™ Data Analysis Summit Hosted by U.S. EPA"s National Center for Computational Toxicology EPA Campus, Research Triangle Park NC May 14-15, 2009.

8. *Kachanova T.L., Fomin B.F., Ageev V.O., Turalchuk K.A., Fomin O.B., Shirshov S.A., Kopylev L., Chen C.W.* “Scientific Reconstructions of Profiles of Gene Expressions in Rats Exposed to Formaldehyde” //49th Annual Meeting & Tox Expo ™ . March 7-10, 2010/ Salt Lake City, Utah, USA.

9. *Механизмы формирования воспаления в бронхах и легких* / В.И.Немцов, Т.Л. Качанова // Бронхиальная астма. Т.2. / Под ред. проф. Г.Б. Федосеева. СПб: Медицинское информационное агентство, 1996. С. 109-119.

10. *Механизмы воспаления бронхов и легких и противовоспалительная терапия* / Под ред. Г.Б. Федосеева. НОРДМЕД-ИЗДАТ. СПб., 1998. 688 с.

11. *Немцов В.И., Белишева Н.К., Качанова Т.Л.* Зависимость функционального состояния больных бронхиальной астмой от вариации геокосмических агентов / Ученые записки СПбГМУ им. Акад. И.П. Павлова, 2001. Т. VIII. №1. С;. 67-72.

12. *Prediction of Solar Flaring and CME Activity* by Means of COnceptual MODelling (COMOD) Technology for Reconstruction of Complex Systems/ B. Fomin, T. Kachanova, M. Khodachenko, N. Belisheva, H. Lammer, A. Hanslmeier, H. Biernat, H. Rucker// “CITSA-2004”. Communications, Information & Control Systems, Technologies & Applications, 2004. P. 161-166.

13. *Fomin, B.F., T.L. Kachanova, M.L. Khodachenko, N.K. Belisheva, H. Lammer, A. Hanslmeier, H.K. Biernat, H.O. Rucker.* “Global system reconstructions of the models of solar activity and related geospheric and biospheric effects”// In Proc. of 39th ESLAB Symposium "Trends in Space Science and Cosmic Vision 2020", ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 19-21 Apr. 2005, Eds.: F. Favata, J. Sanz-Forcada, A. Gimenez, SP-588, 2006. P. 381-384.

14. *Качанова Т.Л., Семиполец А.А., Фомин Б.Ф., Ходаченко М.Л.* Реконструкции состояний системы «Солнце - Межпланетная среда - Земля» /Системный анализ в проектировании и управлении: Труды XI Междунар. науч.-практ. конф. Ч.1. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С. 19-28.

15. *Агеев В.О., Арасланов А.В., Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф., Фомин О.Б.* Глобальные реконструкции состояний и жизнедеятельности открытых систем: социальная напряженность в округах и регионах РФ //Труды VI Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO'07). М.: ИПУ РАН, 2007. С. 1-17

16. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Основания системологии феноменального. – СПб. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999. 180 с.

17. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Метатехнология системных реконструкций. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. 336 с.

18. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Технология системных реконструкций. – СПб: «Политехника», 2003. – 146 с. (Проблемы инновационного развития. Вып.2).

19. *Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф.* Введение в язык систем. СПб: Наука, 2009. 340 с.

20. *Агеев В.О., Качанова Т.Л. Фомин Б.Ф., Фомин О.Б.* Язык открытых систем и экспертиза системного знания // Труды VIII Междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" (SICPRO'09). М.: ИПУ РАН, 2009. С. 1-46.