

Палагин А.В., Петренко Н.Г.

РАЗВИТИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫХ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РОЛЬ ИНФОРМАТИКИ

Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев

Рассмотренные методологии трансдисциплинарных и междисциплинарных научных исследований, информационные технологии их поддержки непосредственно или косвенно апеллируют к научной картине мира, которая позволит повысить эффективность трансдисциплинарных взаимодействия предметных дисциплин, привлекать к рассмотрению все новые кластеры конвергенции, создавать новые научные теории, модели и методы решения сложных научных проблем Природы и Общества. Речь идет об общих трансдисциплинарных знаниях. В масштабах всемирной «паутины» (или глобального информационного пространства) такие знания должны быть представлены единой сетью трансдисциплинарных знаний — следующим поколением Semantic Web. Очевидно, это развитие будет идти по пути создания сначала прикладных распределенных систем в конкретных предметных областях (телемедицина, экологический мониторинг, энергетические системы и т.д.), повышения их интеллектуального уровня. Центральное место в них займут Grid-технологии и Cloud-computing, а также виртуальные организации, структуры и сервисы. Постановка и реализация трансдисциплинарных проектов высокой сложности с особой четкостью проявит при этом системообразующую функцию информатики. Проблемы эффективной поддержки междисциплинарного научного поиска ведут к формированию и систематическому анализу сервисно-ориентированной парадигмы ноосферного генезиса, определенного цепью: ноосферогенезис — трансдисциплинарность — информатика — онтологическая концепция — научная картина мира — перспективные информационные технологии. Существенная функция, место и последовательность понятий в этой цепи четко определены и, по сути, составляют методологическую основу современных научных исследований как основы развития цивилизации. Современные информационные технологии уже стали основой практически всех технологий *Ni Tech* и основы построения общества, ориентированного на знание, которое способно решить все существенные противоречия в развитии современной (технологической) цивилизации. Процесс интеллектуализации информационных технологий ориентирован, во-первых, на комплексное фундаментальное и прикладное научное исследование, поэтому системы *knowledge engineering* и *knowledge management* занимают особое место в информатике.

Ключевые слова: трансдисциплинарность, междисциплинарность, синергетика, ноосферогенез, онтологическая концепция, глобальная информационная инфраструктура, исследовательское проектирование, развивающиеся системы.

Методические и философские основы трансдисциплинарных исследований

Термин «трансдисциплинарность» был введен швейцарским психологом и философом Ж. Пиаже в 1970 г. в ходе дискуссий внутри международной группы «Интердисциплинарность « обучение и исследовательские программы в университетах». Активное международное

обсуждение трансдисциплинарности (ТД) как новой методологии началось с середины 1980-х гг. после принятия ряда документов и создания первых научных учреждений, ориентированных на проблематику трансдисциплинарных исследований. Из них можно выделить следующие.

Декларация симпозиума ЮНЕСКО «Наука и границы знания: пролог нашего культурного

прошлого» (Венеция, 1986) обозначила потребность в «эпистемологически непредвзятом диалоге когнитивных практик, составляющих целостный опыт человеческого познания».

В 1987 г. в Париже создается Международный центр трансдисциплинарных исследований (ТД-исследований) The International Center for Transdisciplinary Research, основателем которого стал физик Басараб Николеску. Миссия этой некоммерческой организации нашла отражение в документе, названном «Le projet moral»³, в котором как цель декларируется развитие нового подхода, раскрывающего природу и характеристики потоков информации, циркулирующих между различными отраслями знаний. Центр планировал объединить специалистов из различных областей науки и других областей деятельности, в том числе художников, промышленников, для установления динамичного обмена между точными науками, гуманитарными науками, искусством и традицией.

В 1994 г. в Португалии состоялся первый Всемирный конгресс по трансдисциплинарности (Конвенто да Аррабида, 2–7 ноября), принявший Хартию трансдисциплинарности и создав центр трансдисциплинарности CIRET. Ниже приводятся несколько цитат из этой Хартии [1,2]:

— современный разрыв между растущим количеством знаний и увеличивающимся оскудением внутренней идентичности ведет к рождению новых форм обскурантизма с неисчислимыми социальными и личностными последствиями;

— краеугольный камень трансдисциплинарности — семантическое и практическое объединение смыслов, которые находятся за пределами отдельных дисциплин. Крайности формализма, строгость определений и доказательство абсолютной объективности, влекущие исключение субъекта, могут иметь только жизнеотрицающие последствия;

— трансдисциплинарное видение решительно открыто в своем выходе за область точных наук, требуя их диалога и их примерения с гуманитарными и социальными науками, а также с искусством, литературой, поэзией и духовным опытом.

В 1996 г. в России по инициативе участников межведомственного совещания Федерального Управления медико-биологических и экстремальных проблем при Министерстве здравоохранения и медицинской промышленности РФ, трансдисциплинарный подход был рекомен-

дован «для практического применения, в качестве альтернативного варианта при выполнении научно-исследовательских и других работ». Современная российская школа трансдисциплинарности создана в начале 1990-х гг. в Международном институте информатики биосферы при МГУ имени М.В. Ломоносова. В 1996 г. теоретические и практические работы были продолжены в Кабардино-Балкарском государственном университете. В настоящее время в России в статусе автономной некоммерческой организации действует Институт трансдисциплинарных технологий [3].

Поиском формальной взаимосвязи отдельных дисциплин занимаются американская, французская, швейцарская и китайская школы трансдисциплинарности [4–7].

Стремление понять мир как процесс, рассматривать человека и его деятельность во всеобщем процессе развития важно с точки зрения выработки стратегии будущего развития человечества. На протяжении трех столетий отношения «Человек — Природа» были представлены вырожденной формой «субъект — объект». Для классической науки бытие сущего дано в его предметности, выраженной через теорию. Наука — теория действительного, она специализируется в проектах определенных предметных дисциплин. Понимание науки как теории объективного отображения действительности характерно для классического этапа развития науки.

В современной научной картине мира, основывающейся на идеях глобального эволюционизма, самоорганизации, коэволюции, нелинейности, предполагается, что субъект, понимаемый как общество, входит в познаваемую им систему как активная составляющая этой процесс-системы. На каждом витке спирали универсальной эволюции действуют не только общие, но и специфические законы. Каждый уровень эволюции характеризуется специфической сложностью и представляет собой относительно замкнутую целостность, устойчивый блок в архитектуре эволюции. Возникнув как звено эволюции, когнитивная и социальная системы влияют на эволюцию природы. Социогенез и такая его форма как техногенез создали невиданную ранее возможность трансформации природы и человека [8].

Возникла даже философская концепция, названная *трансгуманизмом*, и международное движение, поддерживающие использование достижений науки и технологии для улучшения

умственных и физических возможностей человека с целью устранения тех аспектов человеческого существования, которые трансгуманисты считают нежелательными — страданий, болезней, старения и смерти. Они изучают возможности и последствия применения таких технологий, опасности и преимущества их использования, рассматривая, в том числе кластер конвергенции биологических, информационных и нанотехнологий. В противопоставление трансгуманизму представляется *постгуманизм*, центральным тезисом которого является принятие равенства Человека, Природы и Общества как трех совместно эволюционирующих систем [9].

Технонаука и особенно NBIC-технологии (N — нано, B — био, I — инфо, C — когнито) становятся силой, способной коренным образом изменить природу человека и его жизнедеятельность. Сегодня в связи с конвергентными технологиями возник вопрос о том, до какого предела человечество готово пойти в этих преобразованиях, когда они касаются самого человека? Это вопрос, в котором затронуты не только сфера самопознания и саморазвития, но и самосохранения человека и человеческого общества.

Необходимость расширения научного мировоззрения во многом обязана научно-технической революции 60-х — 70-х годов XX века, которая требует от науки более глубокого и интенсивного проникновения в суть законов природы и общества, чем это удавалось сделать при помощи дисциплинарного и междисциплинарного подходов. Ж. Пиаже считал, что «После этапа междисциплинарных исследований следует ожидать более высокого этапа — трансдисциплинарного, который не ограничится междисциплинарными отношениями, а разместит эти отношения внутри глобальной системы, без строгих границ между дисциплинами. Трансдисциплинарность следует рассматривать как новую область знаний, отличную от мультидисциплинарности и интердисциплинарности».

Определения и сущность понятий, связанных с дисциплинарными исследованиями

Известны разные критерии классификации научных подходов. Если в качестве такого критерия выбрать степень полноты познания окружающего мира, то все подходы можно свести к четырем основным видам: дисциплинарный подход, междисциплинарный подход, мультидисциплинарный подход и трансдисциплинарный системный подход.

Термин «междисциплинарность» означает

кооперацию научных областей через взаимное проникновение общих понятий. «Мультидисциплинарность» характеризует такие исследования, когда явление изучается одновременно в разных аспектах сразу несколькими дисциплинами. «Трансдисциплинарные исследования характеризуются переносом когнитивных схем из одной дисциплинарной области в другую» [10]. В [11,12] предложена несколько иная трактовка этих терминов.

В данной работе указанные термины будут пониматься в зависимости от «распределения» научных дисциплин по онтологическим уровням иерархии.

Такие понятия как Природа, Общество, Человек, Наука, Техника, Технология относятся к уровню категорий. Такие понятия как Математика, Физика, Информатика, Лингвистика, Гуманитарные и Социальные науки и др. относятся к уровню доменов научных дисциплин.

Множество понятий научных дисциплин, которые являются направлениями, разделами и подразделами доменов, относится к уровню научных дисциплин. К этому уровню относятся также и т.н. «двойные» дисциплины, например: биоинформатика, физическая химия.

Сказанное поясняется схемой, представленной на рис. 1.

Дисциплинарность позволяет науке последовательно развиваться в рамках персональных направлений, а дисциплинарный подход делит окружающий мир на отдельные предметные области. Если решение проблемы выходит за рамки возможностей дисциплинарных подходов, то принято считать, что оно находится «на стыке научных дисциплин».

Каждая дисциплина сильна, прежде всего, своим дисциплинарным образом «предмета исследования». Поэтому ученые стремятся сохранить этот образ, а также дисциплинарную методологию его исследования. Однако такое стремление, зачастую, превращает метафору «стык дисциплин» в реальную непреодолимую границу «дисциплинарных направлений» [13].

В результате возникает противоположность, обуславливающая, с одной стороны, накопление дисциплинарных знаний, а с другой — установление естественного ограничения полноты познания окружающего мира. Выход из создавшегося положения был обозначен следующим тезисом — «если нельзя выйти за пределы дисциплинарного направления, то можно расширить область применения дисциплинарной методологии». В свою очередь расширение облас-

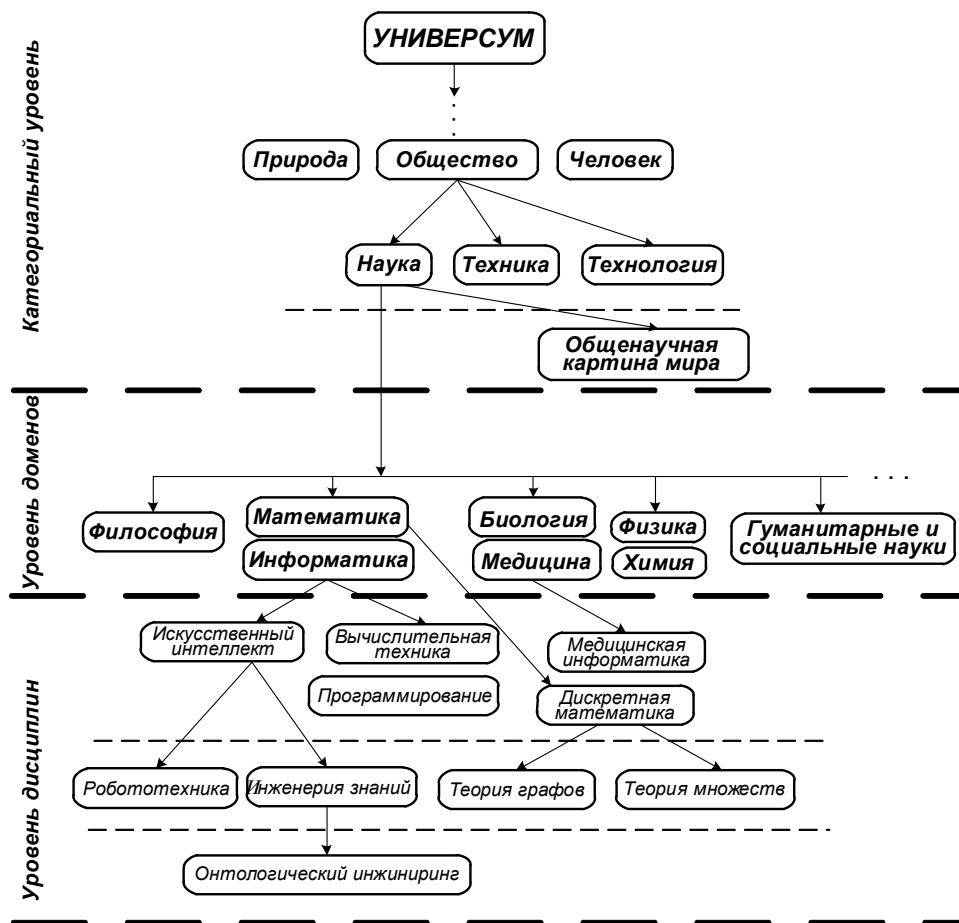


Рис. 1. Схема распределения научных дисциплин по уровням

ти применения дисциплинарной методологии привело к появлению междисциплинарных и мультидисциплинарных научных подходов, которые составили следующие уровни классификации научных подходов. Процесс развития этих подходов привел к тому, что метафора «стык дисциплин» постепенно приобрела вид междисциплинарных и мультидисциплинарных направлений, каждое из которых на сегодняшний день имеет свои особенности решения стоящих перед ними задач.

Междисциплинарность предполагает сочетание нескольких научных дисциплин. Среди этих дисциплин одна играет роль ведущей дисциплины, другие – роль ведомых дисциплин и результаты междисциплинарного исследования будут всегда трактоваться ведущей дисциплиной. Особенность междисциплинарного подхода состоит в том, что он допускает прямой перенос методов исследования из одной научной дисциплины в другую. Перенос методов, в этом случае, обусловлен обнаружением сходств исследуемых предметных областей. Например,

кровеносная система организма схожа с системой трубопроводов технического объекта. Это обстоятельство позволяет биологу исследовать кровеносную систему организма, методом, который применяется в физике для описания движения жидкости по трубам. В результате появляется «междисциплинарная дисциплина» – биофизика, использующая междисциплинарный подход. По такому принципу организованы и другие бинарные (двойные) междисциплинарные дисциплины. Рассматривая пример с биологией, можно продолжить список таких междисциплинарных дисциплин – бионика, социобиология и другие. Однако использование «чужой» дисциплинарной методологии редко приводит к изменению дисциплинарного образа предмета исследования. Иными словами, несмотря на то, что работа кровеносной системы была хорошо описана при помощи методов физики, для биолога – человек так и остался одним из биологических видов, состоящим из клеток, тканей и органов. Биологический образ человека не превратился в образ киборга, име-

ющего в своем теле разветвленную систему трубопроводов. Междисциплинарный подход предназначен, прежде всего, для рассмотрения конкретных дисциплинарных проблем, в решении которых какая-либо конкретная дисциплина испытывает концептуальные и методологические трудности.

Сказанное в соответствии со схемой, представленной на рис. 1, можно интерпретировать следующим образом. Междисциплинарный подход затрагивает уровень научных дисциплин и связи уровня доменов научных дисциплин, например *Искусственный интеллект*, *Вычислительная техника* → *Информатика* → *Медицина* → *Медицинская информатика*.

Мультидисциплинарность не предполагает переноса методов исследования из одной дисциплины в другую. Поэтому все дисциплины продолжают оставаться в своих направлениях. Однако, сопоставляя результаты дисциплинарных исследований в рамках мультидисциплинарного подхода, удается найти новые, ранее не обнаруживаемые, сходства исследуемых предметных областей. А это, в свою очередь, позволяет специалистам организовывать новые междисциплинарные исследования.

Мультидисциплинарный подход стремится использовать обобщенную картину предмета исследования, по отношению к которой все ее дисциплинарные картины предстают в качестве ее частей. Например, с точки зрения мультидисциплинарного подхода, человека следует рассматривать, как сложный объект, отличающийся от других объектов рядом особенностей (анатомическими, химическими, психологическими, психическими, физиологическими и т.д.). Для изучения этих особенностей применяются только соответствующие им, дисциплинарные подходы и методы. Накопление результатов междисциплинарных исследований в сходных областях дисциплинарных знаний приводит к появлению новых многопрофильных дисциплин, например, таких, как физико-химическая биология, экология и др.

Свое практическое применение мультидисциплинарный подход нашел, прежде всего, в работе экспертных групп. Он выглядит предпочтительнее других подходов, в ситуации, когда для решения дисциплинарной проблемы требуется учесть множество известных факторов, являющихся предметом исследования других дисциплин. Благодаря этому свойству современные научные дисциплины и их «междисциплинарные дополнения» существенно расширили свои

практические возможности и приблизились к достаточной полноте знаний. Но, так же как и в междисциплинарных исследованиях, в мультидисциплинарных исследованиях, интерпретация полученных дисциплинарных результатов производится с позиции «ведущей» дисциплины и все большую системообразующую роль играет информатика, так как сложность проведения научного эксперимента и интерпретации полученных результатов существенно возрастает. Поэтому мультидисциплинарный подход способствует накоплению дисциплинарных и междисциплинарных знаний, но не способствует выявлению общих закономерностей и механизмов их взаимодействия внутри предмета исследования. Практическая значимость мультидисциплинарного подхода настолько высока, что зачастую его сравнивают с трансдисциплинарным подходом. Трансдисциплинарный системный подход использует знания, сформированные и накопленные дисциплинарными, междисциплинарными и мультидисциплинарными подходами [14].

Трансдисциплинарность должна обеспечивать координацию, интеграцию дисциплинарных знаний на основе единого аксиоматического подхода (генеральных систем трансдисциплинарности) так, как изначально представляли себе трансдисциплинарность Ж. Пиаже и Э. Янч [3].

Трансдисциплинарность — это исследовательская стратегия, которая пересекает дисциплинарные границы и развивает холистическое видение. Трансдисциплинарность в узком смысле означает интеграцию различных форм и методов исследования, включая специальные приемы научного познания, для решения научных проблем. Трансдисциплинарность в широком смысле означает единство знания за пределами конкретных дисциплин.

С точки зрения трансдисциплинарного системного подхода Мир является *единой упорядоченной средой* (ЕУС). Элементами ЕУС являются: совокупность причин и следствий ее существования; общих и частных закономерностей и законов; явлений, объектов и процессов, а также их свойств, связей и взаимодействий на любом уровне действительности. В рамках такого описания единая среда выступает в роли единственной (всеобщей) среды. Применительно к такой среде, множественность принципиально возможных сред, в том числе и объектов, требующих осмысления и исследования, будет рассматриваться не иначе, как совокупность ее

естественных фрагментов [14].

Быть естественным фрагментом (элементом) — означает иметь ряд атрибутов, признаков, свидетельствующих о его органической принадлежности к ЕУС, но теряющих смысл при его принципиально независимом существовании. Главным из них является то, что каждый естественный фрагмент имеет принципы внутреннего устройства, внешних и внутренних взаимодействий, тождественные порядку, обуславливающему единство упорядоченной среды. Эти атрибуты имеют определяющее значение для формирования методологии трансдисциплинарного исследования. В ней каждый фрагмент Мира или всякая ее область, имеющая естественные физические и/или логические границы, изначально рассматривается как «упорядоченная среда», к исследованию которой можно применить одни и те же принципы, подходы и модели. Среда естественного фрагмента, в отличие от ЕУС, трактуется, как *уникальная упорядоченная среда*.

Каждая научная дисциплина имеет в своем основании блок базовых понятий, отвечающий принципу их необходимости и достаточности. В [14] предлагается следующая система базовых понятий на описательном уровне:

пространство — это форма существования потенции ЕУС;

информация — это форма проявления общего состояния потенции ЕУС;

время — это форма преобразования потенции ЕУС;

система — это форма организации (порядок) пространства, времени и информации, обуславливающая единство упорядоченной среды;

функция — это способность потенции ЕУС воплощаться в строго определенные явления, объекты и процессы;

энергия — это способность потенции ЕУС совершать конкретную работу в строго определенных явлениях, объектах и процессах;

развитие — это способность потенции ЕУС направленно преобразовываться в определенных явлениях, объектах и процессах;

цель — это способность потенции ЕУС полностью раскрывать свое многогранное содержание, сохраняя единство ЕУС.

Так как речь идет о единой упорядоченной среде, то трансдисциплинарные базовые понятия, раскрывающие многогранность формы и многогранность содержания, представлены единым блоком [14].

Например, «Развитие (трансдисциплин.) — способность потенции ЕУС направленно преобразовываться в определенных явлениях, объектах и процессах», непосредственно ассоциируется с «Развитие (философ.) — необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания, их универсальное свойство». В других дисциплинах развитие, трактуется как процесс.

Анализируя блок базовых понятий, появляется возможность точно определить «систему координат», которую использует Наблюдатель (ученый, практик): уникальную — дисциплинарную, или универсальную — трансдисциплинарную. Таким образом, появляется возможность не противопоставлять, а осознанно подбирать базовый блок понятий, «систему координат» Наблюдателя, для решения конкретной исследовательской или практической задачи [14].

В комплекс идей, составляющих ядро трансдисциплинарного подхода, входят:

- провозглашение сложности, многомерности, постоянной изменчивости мира;

- признание способности человеческого сознания отражать являющуюся ему в теоретическом и практическом опыте сложность и многомерность мира;

- утверждение принципиальной дополнтельности форм познания и, в силу этого, необходимости не только объединения смыслов, лежащих за пределами конкретных дисциплин, но и выхода за пределы междисциплинарных и сугубо научных форм познания;

- ориентация на выявление и практическое решение наиболее сложных жизненных проблем, важных для общества, которые по своей природе не могут быть осмыслены в рамках только научного знания;

- признание права широкого публичного обсуждения научной информации, стратегически важной для жизни общества, и сферы ее применения [15].

Итак, как следует из вышеизложенного, трансдисциплинарность должна быть самостоятельным научным направлением, обладающим своим предметом исследования и концепцией, трансдисциплинарным подходом и языком, единицами измерения и моделями действительности, методом анализа информации и методикой анализа риска принимаемых решений. В таком контексте, трансдисциплинарность позволит осуществить общенаучную классификацию и систематизацию дисциплинарных знаний. После такой обработки, дисциплинарные знания ста-

новятся полностью адаптированными к их совместному использованию в решении научно-исследовательских и практических проблем любой сложности и комплексности.

Трансдисциплинарность вошла в практику науки и особенно актуальна в связи с технологией и конвергентными технологиями. Следует учитывать, что в отношении новых форм научного знания таких, в которых интегрированы фундаментальные и прикладные аспекты, не следует забывать и об интегрированности науки и общества во всеохватывающий эволюционный процесс, понимая взаимодействие науки и общества как *коэволюционное*.

Изменения в структуре науки характеризуются как трансформация дисциплинарно организованной науки в ТД-исследования:

- анализ трансформации дисциплинарной организации науки и выявление особенностей, отличающих ТД-исследования, а именно так характеризуют технотехнику в отличие от междисциплинарных наук;

- выделение следующих признаков постнеклассического этапа развития науки: изменение характера научной деятельности, обусловленное революцией в средствах получения и хранения знаний (компьютеризация науки, сращивание науки с промышленным производством и т.п.); распространение междисциплинарных исследований и комплексных исследовательских программ; изменение самого объекта – открытые саморазвивающиеся системы; включение аксиологических факторов в состав объясняющих предложений. Переход к постнеклассической рациональности связывается с обращением науки к новому типу объектов – *сложным саморазвивающимся системам* («человекоподобные» объекты, примером которых являются объекты биотехнологий, экологические системы, биосфера и т.п.), соотносением получаемых знаний не только со средствами деятельности, но и с ценностно-целевыми структурами [16,17];

- трансформация научного мировоззрения связана с переориентацией научной деятельности с познавательной на проективно-конструктивную. Наука постепенно интегрируется в организованную по новым принципам систему взаимодействия науки и технологии. Именно этот феномен обозначается термином «технотехника». Особенность технотехники в том, что ее объекты не предметная реальность, а так называемые *человекоподобные* объекты. Главной чертой технотехники является высокая социально-практиче-

ская ориентированность;

- ТД-исследования, захватывая зоны пограничных (демаркационных) ареалов научных дисциплин, интегрируют сущностные основы последних, образуя так называемые кластеры конвергенции, в которых происходит мощное синергетическое взаимодействие за счет взаимопроникновения парадигм и конкретных текущих результатов каждой из дисциплин, входящих в тот или иной кластер. Указанное взаимодействие отражает целостность реального мира, являясь стимулом и одновременно гарантией успешности ТД-исследований и связанных с ними практических проектов, нетривиальности и значимости их результатов [18].

Примером технотехники может служить кластер NBIC-конвергенции. Следует также упомянуть развивающийся быстрыми темпами ЯИИЗ-кластер (Я – язык, И – информация, И – интеллект, З – знания). Информатика приносит в эти кластеры как системообразующую, так и компьютерно-технологическую компоненты. Главные прорывные направления, формируемые почти в реальном масштабе времени в NBIC-кластере, это: стирание граней между живыми и неживыми системами, наноробототехника с ее многочисленными приложениями: биопротезы и наноинструменты, наномедицина; встроенные (*первазивные*) наноконвертеры, биопрограмные комплексы и искусственные биологические системы; новые материалы, глобальные суперкомпьютерные агломерации с высоким уровнем искусственного интеллекта, единая распределенная трансдисциплинарная система знаний как следующий этап развития существующего Интернет и Semantic Web [19].

Одной из главных задач ТД-исследований является обеспечение эффективного ТД-взаимодействия на всех этапах жизненного цикла решения фундаментальных и прикладных научных проблем. Кроме задач инфраструктурной поддержки ТД-исследований на первый план выходят задачи их методологического сопровождения и обеспечения процессов интеграции, конвергенции и унифицированного формализованного представления ТД-знаний и операций над ними. Не последнюю роль играет системологическая подготовка навыков и расширение диапазона мировоззрения ТД-исследователей. Здесь уместно говорить об этосе трансдисциплинарности как сущностном феномене и понятийной метафоре, как общей основе взаимопонимания представителей разных научных дисциплин. На фоне ТД-проблематики отчет-

ливо заметны узость и неэффективность существующего подхода к подготовке кадров высшей квалификации, формированию структуры и перечня специальностей в вузах, управлению знаниями в целом [18].

Внутри самой науки появились тенденции, говорящие о том, что в современном естествознании формируется целостная картина мира. Этому способствовало развитие системных исследований, синергетики, утверждение в научном мировоззрении идеи глобального эволюционизма, коэволюции, системности, принципа синхронности, антропного принципа и принципа участия. Единство мира современный человек воспринимает как эмпирический факт благодаря таким реальностям, как единое информационное пространство, интернет, единое экономическое пространство, единая экологическая система и т.д. Описать такую реальность с позиции внешнего наблюдателя невозможно. Важной характеристикой холистического научного мировоззрения является включение человека во внутринаучный контекст сначала через учет параметров наблюдения (физика микромира), затем через включение социальных и гуманитарных факторов. Это привело к сближению естественнонаучного и гуманитарного знания [8].

Трансдисциплинарные области знания — те узловые точки, через которые объединяются (происходит интеграция за счет системообразующей функции информатики) естественнонаучные и социальные и гуманитарные дисциплины, феноменологические, описательные подходы и подходы объяснительные, базирующиеся на открытии законов реальности, фундаментальные и прикладные, инженерные исследования. При этом изменяется также структура научного знания. Дисциплинарное устройство сохраняется, но все больше места занимают междисциплинарные программы и трансдисциплинарные исследования.

Предметом познания становятся сложные саморазвивающиеся системы, включающие человека (например, интеллектуальный интерфейс между компьютером и пользователем-непрофессионалом в области IT-технологий, который самонастраивается на особенности конкретного человека). При этом в конструируемую модель реальности включаются параметры, характеризующие не только объект, но и сферу практического применения знания, его социального функционирования. Природные комплексы, включающие человека, недостаточно рассматривать в рамках привычной дихотомии «есте-

ственное — искусственное». Особенность этих конструкций в том, что в них не только моделируется объектная реальность, но и конструируются ее новые фрагменты. В этом проявляется взаимопроникающее единство природного и человеческого мира [20,21].

Таким образом, ТД-исследования — это качественно новый этап интегрированности науки в общество. Приставка «транс» (от лат. trans — сквозь, через) указывает на новый тип производства знаний. Если междисциплинарность — это внутринаучный феномен, то трансдисциплинарность фиксирует такие «познавательные ситуации, в которых по разным причинам научный разум вынужден в поисках целостности и собственной обоснованности осуществить трансцендирующий сдвиг в пограничную сферу с жизненным миром» [22]. А технологические проекты должны проходить социальную экспертизу.

Трансдисциплинарность и ноосферная картина мира

Как многократно отмечалось выше, современный этап развития науки и ее приложений носит явно трансдисциплинарный характер. Этот факт обусловил необходимость разработки строгой методологии трансдисциплинарных научных исследований, расширения сети ТД-международных центров и школ, наконец, определения места и роли информатики в системно-технологической поддержке ТД-исследований и использования их результатов при решении глобальных проблем развития современной цивилизации. Подчеркнем еще раз, что ТД-парадигма предполагает построение в обозримом будущем общей научной картины мира или, что то же самое, — единой ТД-системы знаний, обеспечивающей формализованные постановку и решение конкретных задач при выполнении комплексных проектов высокой сложности, социальной значимости, конфликтности и конкурентности [18].

Для того чтобы трансдисциплинарные научные исследования были практически полезными, новое направление трансдисциплинарного системного подхода, а также и специалисты, которые участвуют в его создании и продвижении, должны предоставить научной общественности:

- концепцию (философское обоснование, имеющее отношение к соответствующей картине мира);

- образно-понятийный аппарат, язык и модели, возможности которых позволяли бы, с

одной стороны, охватить все факторы, формирующие сложную проблему и воздействующие на нее, а с другой стороны, выявить и учесть механизмы, посредством которых осуществляется это воздействие;

- метод системного исследования, обеспечивающий доступ ко всей дисциплинарной информации и ее анализу, понятный и доступный специалистам любой научной дисциплины;

- метод проведения экспериментов, позволяющий изучать многофакторное воздействие и оценки их результатов;

- способы решения сложных многофакторных проблем в науке, технике и технологии.

В этом случае, можно предполагать, что границы концепции и методологии трансдисциплинарности должны совпадать с предельными границами познания человеком и человечеством себя и окружающего мира, а также, постоянно доказывать такие их возможности эффективным решением сложных многофакторных проблем природы и общества [23].

Именно при переходе к обществу знаний и трансдисциплинарным знание-ориентированным технологиям по-настоящему проявляется системообразующая роль информатики. Таким образом, путь к трансдисциплинарности лежит через создание *системологии междисциплинарного взаимодействия* (в свете эволюции научных теорий) как самостоятельной отрасли знаний. Тем более что информатика владеет кроме четкого математического базиса также и технологиями постановки и решения сложных научно-технических проблем.

Таким образом, сущность трансдисциплинарного подхода к исследованию комплексных научно-технических проблем состоит в эффективном обеспечении двуединства концепций углубления конкретных знаний в предметной области, с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира, и стремления воссоздать целостную научную картину мира, – с другой [18].

Процесс ноосферогенеза по В.И. Вернадскому затрагивает все более глубокие аспекты взаимодействия в системе «Человек-Природа». Он апеллирует к научной мысли, а, следовательно, к когнитивным ресурсам человеческого разума и научной картине мира, построение которой невозможно без трансдисциплинарного подхода к науке и человеческой цивилизации в целом. Действительно понятие ноосферы предполагает обращение к научной картине мира, построение которой основывается на трансдисципли-

нарной парадигме окружающего мира [18]. На рис. 2 приведен вариант онтологического описания ноосферы.

Из рис. 2 видно, что развитие человеческого общества может пойти по двум направлениям – по пути устойчивого развития, в котором преобладает коллективный разум, и по пути самоуничтожения человечества.

Системология трансдисциплинарного взаимодействия

В Википедии термин “Системология” определяется как (от др.-греч. уэуфзмб – целое, составленное из частей; льгпт – «слово», «мысль», «смысл», «понятие») – теория сложных систем; фундаментальная инженерная наука, устанавливающая общие законы потенциальной эффективности сложных материальных систем как технической, так и биологической природы” [24]. В данной работе этот термин подразумевает рассмотрение взаимодействия исследователей из разных предметных дисциплин (и применения соответствующих методов) как совокупность этапов подготовки и выполнения проектов трансдисциплинарного уровня сложности.

Как предполагают многие исследователи, потребность в трансдисциплинарных исследованиях возникает в том случае, когда знание о социальных проблемах носит не вполне определенный характер и конкретная природа обсуждаемых проблем дискуссионная. Трансдисциплинарные исследования могут помочь уяснить сложность решаемых проблем, принять во внимание разнообразие представлений о жизненном мире и научных представлений о поставленных проблемах, связать абстрактное и конкретное знание, развить знания и практики для продвижения так называемого «общего блага» (common good).

Трансдисциплинарные исследования обычно носят выражено проектный характер, когда для решения некоторой жизненно важной проблемы формируется группа специалистов, включающая в себя представителей самых разных областей знаний [22].

В таких условиях и сообществах возникает принципиально новая методология.

Методологически трансдисциплинарные исследования включают в себя три основных стадии:

- идентификация и структурирование проблем;
- анализ проблем;
- получение практических результатов.

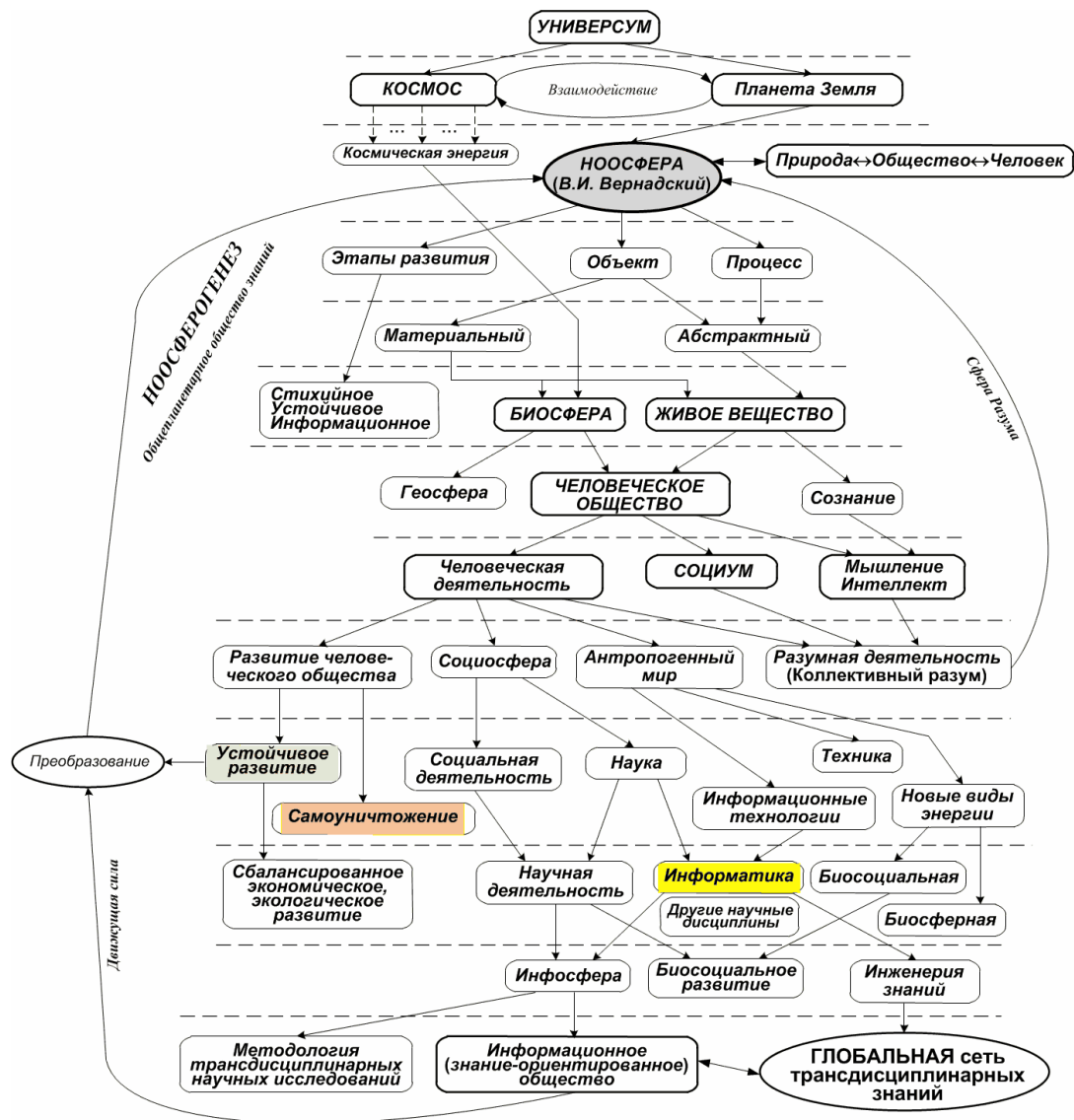


Рис. 2. Онтологическое описание ноосферы

Указанные стадии не только организованы в линейной последовательности, но и предполагают сетевые отношения. Например, получение первоначальных практических реализаций может повлиять на процедуры идентификации и структурирования проблем и т.д.

Каждая стадия обнаруживает свою более детальную методологию.

В [25] выделено четыре основных принципа и характеристики трансдисциплинарных исследований.

1. Принцип упрощения сложного с учетом вида знания и участников проекта.
2. Достижение эффективности через контекстуализацию — применение к конкретным социальным практикам и результатам в жизнен-

ном мире, целевым группам, ориентация на подобные исследования в других проектах и т.д.

4. Принцип развития рефлексивности через рекурсивность – трансдисциплинарное исследование организуется циклически, в форме многократных циклов (рекурсивно), что позволяет корректировать принципы исследования, выходя в рефлексивную позицию.

- И четыре основных характеристики:
- трансцендирование и интеграция дисциплинарных парадигм;
 - проведение исследований с привлеченными участниками (представителями общественности);

- направленность на решение проблем жизненного мира;

- поиск единства знания за границами научных дисциплин.

Синергетика как междисциплинарное направление научных исследований

Фундаментальная наука все больше внимания уделяет изучению живых сложных систем, человекомерных, социальных, а также области высоких технологий, медицины и генной инженерии, информационных технологий и экономики, прогнозов и рисков.

Постнеклассика (по В.С. Степину) как направление науки, возникает в конце X века в задачах описания сложных, эволюционирующих, развивающихся систем и процессов, которые могут быть интерпретированы различными способами. В систему включается субъект наблюдения, наделенный не только органами чувств и приборами, а и социокультурной, психологической сферой. Путь к такому пониманию науки был пройден обществом за последние столетия. От ньютоновской детерминистской физики через принципы относительности к средствам наблюдения в квантовой и релятивистской физике, далее, через моделирование развития Вселенной и космологический антропный принцип, открытие роли динамического хаоса и возникновения эволюционного естествознания — к моделированию развивающихся исторических систем (и не только) и универсальному эволюционизму. Ядром этих междисциплинарных процессов сегодня является синергетика, что, однако, не означает, что методы синергетики надо применять повсеместно, во многих случаях достаточно наработок предыдущих этапов развития науки строго дисциплинарного знания. *Методы синергетики избыточны там, где нет развития системы* [26].

Синергетику можно рассматривать как современный этап развития кибернетики, системных исследований, в том числе построения общих теорий систем формализованного типа. Она изучает механизмы самоорганизации открытых и нелинейных систем самой различной природы, начиная с физики и кончая социологией и проблемами биологического сознания и мышления [27].

Самоорганизация — способность сложных систем к спонтанному упорядочению (пространственной, временной или функциональной структуры) за счет согласованного взаимодействия множества элементов ее составляющих в открытых, сильнонеравновесных и нелинейных

средах. Основные законы самоорганизации изучаются синергетикой в форме многовариантного и неоднозначного поведения многоэлементных структур, развивающихся от простого к сложному, вследствие открытости, притока материи, энергии, информации извне, нелинейности внутренних процессов, появления особых режимов с обострением и наличия более одного устойчивого состояния. К синергетике относятся явления, возникающие от совместного действия нескольких факторов, каждый из которых в отдельности такого явления не создает. Суть синергетики — это возникновение порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации, который развивается через последовательность структур, поддерживающих свою целостность [12,28].

Синергетика как наука о процессах развития и самоорганизации сложных систем самой разной природы наследует и развивает междисциплинарные подходы своих предшественниц: тектологии А.И. Богданова, теории систем Л. Фон Берталанфи, кибернетики Н. Винера и др. В этих подходах сформировались общие представления о системах и их конфигурировании, о механизмах поддержания целостности или гомеостаза (способности открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия систем), о способах управления системами с саморегуляцией. В то же время синергетика существенно отличается от своих предшественниц тем, что ее язык и методы опираются на достижения нелинейной математики и тех разделов естественных и технических наук, которые изучают процессы эволюции еще более сложных саморазвивающихся систем. В XX веке осознано, что к таким системам следует относить не только живые системы и биосферу, но и сложные неживые информационные, социальные и технические системы. Современное естествознание стало эволюционным, поэтому универсальный эволюционизм, основанный В. Вернадским, Т. Шарденом, Э. Янчем, Н. Моисеевым также является мировоззренческой, онтологической основой синергетики.

Синергетика — (от греч. *synergetikos* — совместный, согласованный, действующий) научное направление, которое изучает связи между элементами структуры (подсистемами), образующиеся в открытых системах благодаря интенсивному (потокковому) обмену веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных

условиях. В таких системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень ее упорядоченности, т.е. уменьшается энтропия за счет самоорганизации. Основой синергетики являются термодинамика неравновесных процессов, теория случайных процессов, теория нелинейных колебаний и волн [29].

Термин «синергетика» введен в 1970 году Германом Хакеном для обозначения междисциплинарного направления, в котором результаты его исследований по теории лазеров и неравновесным фазовым переходам смогли дать идейную основу для плодотворного взаимного сотрудничества исследователей из различных областей знаний.

Практически изначально, начиная с исследований Хакена, синергетика нашла содержание для себя и привнесла новые идеи в теории лазеров и термодинамику неравновесных процессов, бифуркации и структурной устойчивости, катастроф. Претерпело развитие понятия хаоса, вошел в обиход термин детерминированный хаос, имеющий конкретный физико-математический смысл. Значительно расширилась область применения синергетики в связи с развитием теории фракталов. В русле синергетики нашли интерпретацию и свое решение задачи из областей физики, кинетической химии, биологии, геологии, материаловедения и др. Следует также отметить распространение идей синергетики на возможности исследования биологической эволюции как процесса самоорганизации в сложной системе. В контексте синергетики сегодня проводятся социальные и гуманитарные исследования и др. [28,29]. Известна следующая трактовка: «Синергетика является теорией эволюции и самоорганизации сложных систем, выступая в качестве (постдарвинистской) парадигмы эволюции».

С синергетикой устойчиво ассоциируются такие физические объекты и явления как аттракторы, бифуркация, самоорганизация, хаос, открытые системы в неравновесном состоянии, фракталы, диссипативные процессы. Вместе с тем, на сегодняшний день еще нельзя говорить о сложившемся категориальном уровне и о целостности концепции синергетики [29].

Предполагается, что синергетика является учением о самоорганизации, а самоорганизация — это целенаправленный процесс, в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной динамической системы.

Междисциплинарные исследования имеют два аспекта интеграции:

- онтологический — связан с переходом от дискретного, атомистического мировосприятия к системному, с изменением представлений о мире. Реальность предстает не как нечто прочное, вещное, а как сеть взаимосвязей, как процесс-система;

- гносеологический — связан с изменением самой познавательной традиции в контексте междисциплинарного познания. Междисциплинарные исследования требуют особого типа познания, включения субъекта в научный контекст измерений.

В синергетике выделяют несколько областей исследований, расположенных на разных уровнях абстракции:

- процессы индивидуального творчества и развития междисциплинарных знаний;

- процессы междисциплинарной коммуникации и перенос знаний при взаимодействии дисциплин, педагогике и образовании, при принятии решений;

- процессы сборки, самоорганизации и функционирования больших междисциплинарных проектов, междисциплинарных языков коммуникации, коллективный разум, сетевое мышление;

- процессы творчества, становления философского знания, развития науки и культуры.

В настоящее время наиболее методологически развит дисциплинарный уровень, стремительно развивается синергетическая методология для междисциплинарного уровня, а на остальных уровнях происходит осмысление положений, в основном на языке *синергетической картины мира* [26].

Когда говорят о синергетике, то речь идет об особой методологии, ядро которой должно быть гарантом преемственности научных ценностей, с одной стороны, и открытости к инновациям — с другой. Такая открытая адаптивная методология становления и есть методология синергетики. Она призвана реализовать, укоренить принципы синергетики в общественном сознании, адаптировать их для непрофессионалов на уровне уже не метафор, а конструктивных принципов, помогающих понимать и моделировать реальность. Она должна создать метаязык для диалога синергетиков, математиков и исследователей других дисциплин, в том числе и гуманитарных. Метаязык фиксирует, насколько это возможно, тезаурус синергетики в терминах обыденного языка, сводя метафори-

зацию к минимуму, тогда как принципы синергетики позволяют осуществлять мягкое моделирование реальности в этом тезаурусе.

Известен подход к описанию сложной реальности, который связан с идеями построения искусственного интеллекта, в частности с его разделами: нейрокомпьютинг, распознавание образов, принятие решений и экспертные системы, развивающиеся интеллектуальные информационные системы.

В заключение, качественные характеристики рассмотренных выше научных подходов представлены в таблице.

Информационные технологии поддержки трансдисциплинарных и междисциплинарных научных исследований

В настоящее время развитие науки характеризуется усилением тенденции интеграции в изучении объектов. Это происходит потому, что современная наука исследует сложноорганизованные и саморазвивающиеся системы, требующие кооперативного взаимодействия различных научных дисциплин. Если реальностью классической науки была так называемая “вещная реальность”, то реальность постнеклассической – сеть взаимосвязей, в которую включен человек. Их исследование стало возможным благодаря компьютеризации науки, соединению ее с промышленным производством, что привело к распространению комплексных исследовательских программ и сближению науки и общества. Так, экология, общая теория систем, кибернетика, информатика, социобиология являются примерами комплекса естественнонаучных, технических и гуманитарных исследований.

Серьезным шагом в направлении трансдисциплинарности является формирование перспективных самодостаточных кластеров конвергенции «продвинутых» современных технологий. Как уже упоминалось выше, ярким примером может служить NBIC-кластер [19,30].

Знание-ориентированные информационные технологии и развивающиеся системы

Методология научных исследований и конструирование механизма междисциплинарного взаимодействия при решении сложных научно-технических проблем связаны с созданием концептуально-понятийного каркаса научных теорий. Таким каркасом может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных предметных областей (ПДО). Формально онтологию можно представить четверкой множеств:

Качественные характеристики научных подходов

Наименование подхода	Проблема	Качественные показатели				Области исследования
		Использование методик и методов	Интеграция методик и методов	Феномен	Собственный язык	
Дисциплинарный	внутренняя одной ПДО	свои	–	внутри конкретной ПДО	+	конкретная ПДО
Междисциплинарный	междисциплинарная, нескольких ПДО	заимствованные из других ПДО	+	внутринаучный	–	две и более ПДО
Мультидисциплинарный	междисциплинарная, нескольких ПДО	объединение междисциплинарных	+	вне конкретных ПДО	–	объединение междисциплинарных ПДО
Трансдисциплинарный	многофакторная Природы и Общества	функциональный синтез методологий разных ПДО	+	пограничная сфера науки и бытия	–	дисциплины природной и социальной сфер, Человек. Кооперация познавательной и инновационной деятельности

Примечание: * – ПДО – предметная область

$$O = \langle X, R, F, A \rangle,$$

где X, R, F, A – конечные множества соответственно: X – концептов (понятий) ПдО, R – отношений между ними, F – функций интерпретации (как X , так и R), A – аксиом [31].

Онтологии – это суть понятийные системы, а понятийное мышление является самой совершенной формой функционирования сознания и восприятия реальности человеком, а значит, и компьютерной системой искусственного интеллекта [30]. Прототипом такой системы могут служить активно развиваемые знание-ориентированные информационные системы с онтолого-управляемой архитектурой.

Общая задача онтологии – скомпенсировать отсутствие стандартов на представление знаний при взаимодействии пользователя с информационными системами и последних между собой.

Онтология реальной онтолого-управляемой информационной системы содержит в общем случае три иерархически связанные компоненты: метаонтологию, оперирующую с концептами общего характера, предметную онтологию и онтологию приложений.

В качестве основных онтолого-управляемых функций можно назвать [18]:

- эффективное компактное представление и отображение системы знаний конкретной предметной области на базе современных информационных технологий;

- поиск информации в системе знаний ПдО (справочные, обучающие системы);

- поиск необходимой информации в пространстве Интернет;

- постановка и решение прикладных задач в заданной предметной области (научных исследований, проектирования объектов новой техники и технологий и пр.: методы, методики, варианты решений);

- интегрирование знаний в одной или нескольких предметных областях;

- развитие системы и получение новых знаний (либо упорядочение существующих, проверка их непротиворечивости, коррекция категориального дерева и пр.).

Все указанные функции реализуются в специальном классе знание-ориентированных интеллектуальных компьютерных систем, а именно, онтолого-управляемых интеллектуальных компьютерных систем (ИКС) [18].

Построение эффективной архитектуры знание-ориентированных информационных систем

видится на пути конструктивного использования таких разделов современной информатики, как:

- knowledge-processing;

- прагматическая модель языкового сознания;

- виртуальная парадигма и ее приложения.

Обобщенная схема функционирования интеллектуальной информационной компьютерной системы для научных исследований (как электронного эквивалента сознания), может быть выражена продукционной цепочкой: «входной сигнал → система знаний → реакция».

ИКС имеет предварительно сформулированные цели (дальние и ближние) и установки (формируются на основе приоритетов и критериев, выработанных в режиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней информационной средой). Основой предметной деятельности ИКС является *система знаний*, которую можно представить в виде подсистемы общих знаний, взаимодействующей с множеством подсистем знаний в предметных областях.

В архитектуре ИКС заложен механизм саморазвития базы знаний (БЗ) в предметной области, который основан на онтологическом управлении процессами поиска релевантной информации во внешнем информационном пространстве и построении формализованной базы знаний (ФБЗ). При этом развитие ФБЗ осуществляется двумя путями [18]:

- за счет извлечения новых фактов и знаний из внешней информационной среды, (Интернет);

- за счет генерации новых знаний на основе существующих с использованием механизма вывода;

- в ходе целенаправленного творческого процесса пользователя.

Сеть трансдисциплинарных знаний

Современные инструментальные информационные технологии с текст-процессингом, семантическим анализом и обобщением смыслового контента позволяют в значительной степени автоматизировать процесс описания знаний предметных областей. Каждое такое описание представляется цепочкой «онтология – формальное изложение научной теории – прикладная система». Тогда архитектуру единой трансдисциплинарной сети знаний можно представить в виде рис. 3 [18,32].

Роль ОКУ состоит в обеспечении меж-, мульти-, и трансдисциплинарного взаимодействия на уровне общего языка категорий. Роль

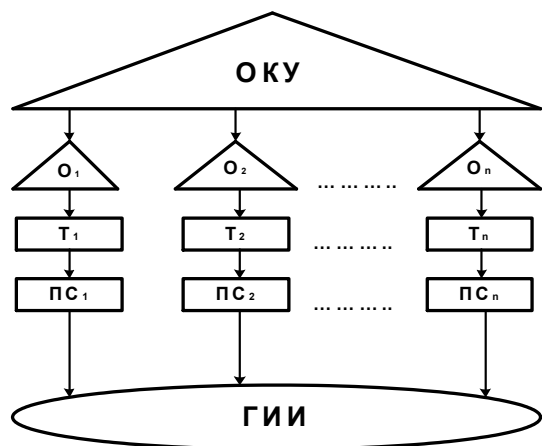


Рис. 3. Архитектура сети трансдисциплинарных знаний:

$O_1 - O_n$ – онтологии предметных областей;
 $T_1 - T_n$ – формальное представление научных теорий;
 $ПС_1 - ПС_n$ – соответствующие прикладные системы;
 ОКУ – онтология категориального уровня;
 ГИИ – глобальная информационная инфраструктура (next generation network).

онтологий предметных знаний, кроме традиционных функций концептуализации и спецификации научных теорий заключается в реализации онтологического управления на уровне архитектуры ИКС либо ГИИ.

В расширенном варианте ОКУ представлена на рис. 4, в которой упор сделан на научные исследования и категории системы «Природа–Человек».

Трансдисциплинарные онтолого-управляемые системы исследовательского проектирования

Развитие и применение интеллектуальных информационных систем (ИИС) в различных областях человеческой деятельности привели к созданию ИИС нового класса, сочетающих в себе свойства трансдисциплинарности, онтологического управления, объединенных концепциями целеустремленного развития и виртуальности. Это класс трансдисциплинарных развивающихся онтолого-управляемых систем исследовательского проектирования. Кроме задач инфраструктурной поддержки научных иссле-

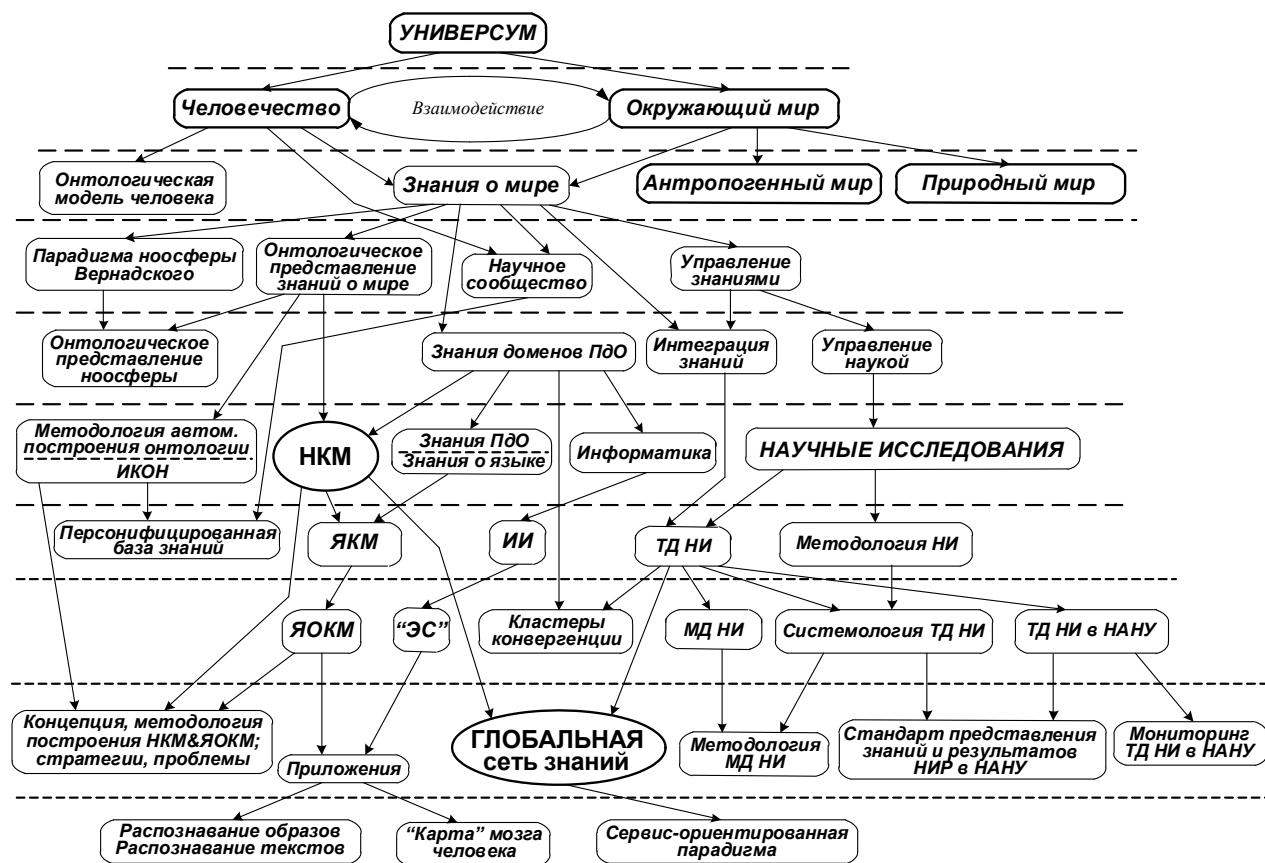


Рис. 4. Онтология категориального уровня: ПДО – предметная область; НИ – научные исследования; ТД – трансдисциплинарность; ТД НИ – трансдисциплинарные научные исследования; МД НИ – междисциплинарные научные исследования; НКМ – научная картина мира; ЯКМ – языковая картина мира; ЯОКМ – языково-онтологическая картина мира; ИИ – искусственный интеллект; ЭС – электронное сознание

дований здесь на первый план выходят задачи их *методологического сопровождения* и обеспечения процессов интеграции, конвергенции, унифицированного представления трансдисциплинарных знаний и операций над ними. Существенную роль играет системологическая подготовка навыков и расширение диапазона мировоззрения научных исследователей с целью обеспечения двуделия концепций углубления знаний в конкретной предметной области, с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира и необходимости формирования единой системы знаний о мире, — с другой [33].

Одной весьма важной разновидностью научных исследований является исследовательское проектирование (ИП). Характерной особенностью ИП является тот факт, что основные его этапы связаны с процессом описания облика проектируемого объекта новой техники (ОНТ) при отсутствии самого объекта. Сам процесс проектирования строится как ряд интерактивных процедур привлечения дополнительной информации и формирования промежуточных гипотетических вариантов технического решения (ТР), начиная с общей концепции (концептуальный этап проектирования), технического предложения и технического задания, (предпроектный этап проектирования) и заканчивая сравнением этих вариантов и выбором наилучшего.

На рис. 5 представлена архитектура системы исследовательского проектирования (СИП), в которую заложен механизм саморазвития базы знаний ПдО [18]. Этот механизм основан на онтологическом управлении процессами поиска релевантной информации во внешнем информационном пространстве и построении формализованной базы знаний. При этом развитие формализованной базы знаний осуществляется тремя путями [33]:

- за счет извлечения новых фактов и знаний из внешней информационной среды (Интернет);
- за счет вывода новых знаний на основе существующих с использованием механизма вывода;
- за счет генерации, целенаправленного творческого процесса пользователя.

Особенность СИП, в частности, развивающейся СИП, состоит в том, что процесс проектирования заданного класса объектов новой техники с использованием этой системы происходит на фоне сопровождающего его процесса развития в реальном времени самой системы



Рис. 5. Архитектура системы исследовательского проектирования

СИП и ее функциональных подсистем.

В основе проектирования самой СИП лежит *технология системной интеграции* (ТСИ), которая основывается на совокупности методов и средств, обеспечивающих выполнение всех этапов жизненного цикла создания ОНТ и технологий на основе типовых проектных решений [34]. ТСИ — это основной инструмент проектирования, применяемый на всех этапах жизненного цикла и представляющий набор методов, инструментальных средств и формализованных процедур:

- построения компонентов более высокого уровня (и системы в целом) из компонентов более низкого уровня;
- обеспечения регламентного взаимодействия этих компонентов на всех этапах создания системы, начиная с этапов проектирования и заканчивая этапами ее производства и эксплуатации;
- систематизации типовых проектных решений, создания библиотеки стандартизованных функциональных узлов и блоков;
- выполнения процедур реконфигурации архитектуры.

Методологической основой современной ТСИ является метод формализованных спецификаций, а технологической — стандарты на системы, программно-аппаратные компоненты, характеристики интерфейсов, технологические операции, эксплуатационные нормы.

В качестве примера можно привести процесс исследовательского проектирования сис-

тем smart-среды для научно-технического творчества, в частности для изобретательства [35].

Онтолого-управляемые развивающиеся СИП

Как следует из выше изложенного, особенность системы исследовательского проектирования, в частности, развивающейся СИП (РСИП) состоит в том, что процесс проектирования заданного класса ОНТ с использованием этой системы происходит на фоне сопровождающего его процесса развития в реальном времени самой системы СИП и ее функциональных подсистем, т.е. процесса проектирования РСИП. Такие системы по своей сути являются двухпроцессными (P_1, P_2), в которых функции ведомой (P_2) и ведущей (P_1) подсистем меняются местами:

$$а) P_1=F(P_2); б) P_2=F(P_1). \quad (1)$$

Функцию знание-ориентированного развития РСИП на основе заранее сформулированной стратегии развития следует рассматривать как наиболее интеллектуальную в классе систем данного типа. В простейшем случае ее можно свести к приращению уже существующих знаний (известная формула Брукса) [34]:

$$K(S)+\Delta I=K(S+\Delta S), \quad (2)$$

которая интерпретируется следующим образом. Если к исходным знаниям $K(S)$ рассматриваемой информационной системы, представленным некоторой исходной структурой S , прибавить порцию информации ΔI , то знания системы изменятся: $K(S) \rightarrow K(S+\Delta S)$. Случай $\Delta S=0$ означает, что в порции информации ΔI содержится порция знаний, не меняющая исходную структуру S , т.е. система ранее уже содержала представленные в ΔI знания, может быть, лишь в иной форме. Сам процесс, описываемый выражением (2), основан на процедуре сопоставления исходной структуры знаний S со структурой, явно или неявно содержащейся в ΔI . Применительно к онтологической составляющей представления знаний эта процедура завершается добавлением к множествам X и R новых элементов.

В общем случае реализация отображения $IS: \Delta I \rightarrow \Delta S$ есть главная проблема knowledge discovery. Она, по сути, сводится к проблеме управления всем процессом функционирования РСИП и решается за счет применения методов семантического анализа текстов, data mining и ontology-driven system. Основу последних состав-

ляют формальные компьютерные онтологии.

Особенности развивающихся информационных систем

Развивающиеся (саморазвивающиеся) информационные системы (РИС) сегодня являются передним краем информатики. Их главная особенность состоит в том, что они вобрали в себя свойства как сложных естественно-природных, в первую очередь биологических систем, так и современных систем искусственного интеллекта. Этот процесс взаимного оплодотворения двух данных систем не случаен и подчиняется общему закону ноосферогенеза. Все космические, биологические, социальные, антропогенные и информационные системы подчиняются этому закону и относятся к классу сложных развивающихся (эволюционирующих) систем. Развитие таких систем связано с приобретением и накоплением новых качественных признаков и появлением в реальном времени *новых уровней* организации, которые являются результатом взаимодействия системы с внешней средой, основанного на принципе *обратной связи*. Законы такого взаимодействия, как правило, выходят за рамки целевой причинности и в силу ситуационной неопределенности, возникновения аттракторов, процессов дифференциации-интеграции приводят к изменению главной линии развития, а иногда непрогнозируемой потере устойчивости, что должно быть предметом особого внимания научных исследователей.

Особое место в знаниях о развивающихся системах в целом и информационных, в частности, занимает упомянутая выше *синергетическая* парадигма. С одной стороны, она апеллирует к целостности и интегральному представлению, системно определяя эффекты взаимодействия объектов, процессов и субъектов, а с другой, — акцентирует внимание на нелинейностях, неустойчивостях и появлении аттракторов, изменяющих в итоге многоуровневую организацию и поведение системы. В обоих случаях она выражается совокупностью формальных моделей самоорганизации и направлена на воспроизведение научной картины мира, что особенно важно при переходе к *трансдисциплинарному* подходу в научных исследованиях и воплощению парадигмы *глобального эволюционизма*. Научная картина мира при этом может быть представлена как трансдисциплинарная онтология, вобравшая в себя не только онтологии отдельных дисциплин, но и методы последних, включая варианты их перекрестного воздействия. Трансдисциплинарность в дополнение к синер-

гетике позволяет выстроить единую трансдисциплинарную методологию анализа и синтеза, включив ее в общенаучную картину мира. С рассматриваемых позиций все развивающиеся информационные системы можно разделить на четыре взаимосвязанных класса:

- генетические;
- с виртуальной архитектурой и реконфигурацией;
- знание-ориентированные;
- трансдисциплинарные.

Кроме того, они включают в себя два принципиально различных подкласса: автономные и неавтономные системы. Последние предназначены для активного человеко-машинного взаимодействия, а точнее — естественного и искусственного интеллекта.

Многоагентные технологии и нейрокомпьютинг

Многоагентные системы

В последнее десятилетие среди различных направлений искусственного интеллекта на одно из ведущих мест все больше претендуют исследования, объединяемые общим названием “многоагентные системы”. Вообще говоря, исследования по интеллектуальным агентам и многоагентным системам имеют уже почти сорокалетнюю историю, но только в последнее время эти исследования действительно оформились в самостоятельный обширный и многоплановый раздел искусственного интеллекта. Причин такого неожиданного интереса к многоагентным системам немало и они разные, но главная, по-видимому, в том, что этот интерес естественно обусловлен достижениями в области информационных технологий, искусственного интеллекта, распределенных информационных систем и компьютерных сетей. Многоагентные системы имеют реальную возможность интегрировать в себе самые передовые достижения перечисленных областей, демонстрируя принципиально новые качества. Можно без сомнений утверждать, что появление этого направления свидетельствует о новом уровне, достигнутом в области информационных технологий и искусственном интеллекте, в частности, а темпы его прогресса дают основания предсказывать ему одну из ведущих ролей в ближайшие десятилетия в широком круге приложений [36,37].

Главная особенность интерфейса, обеспечиваемого персональным агентом, состоит в том, что этот интерфейс оказывается *персонализированным*. Последнее достигается за счет того, что персонализированный агент (ПА) наделяется

способностью к обучению. В самом простом варианте, ПА получает информацию о привычках пользователя путем, как говорят, «подглядывания из-за плеча» за работой своего пользователя. Как дополнение может быть предложен вариант «изучения» персонализированной БЗ пользователя. Обучаясь интересам, привычкам и предпочтениям пользователя, а также окружающего его сообщества пользователей (это те, кто доступен персональному ассистенту через компьютерную сеть), ПА может стать весьма полезным, причем в различных аспектах: выполнять решение задач по поручению пользователя, тренировать его, управлять событиями и процедурами. Заметим, что по существу персонализация пользовательского интерфейса — это новый резерв его интеллектуализации, который удачно дополняет “интеллектуальность интерфейса”, которая традиционно ассоциируется только с экранными графическими средствами.

Исследования и экспериментальные программные разработки довольно быстро показали, что множество задач, в которых ПА может эффективно ассистировать пользователю, практически неограниченно: поиск в интернет, просмотр и отбор информации, управление электронной почтой, календарное планирование встреч, выбор книг, кино, музыки и т.д. Разработки в этой области поддерживались и поддерживаются такими известными фирмами, как Apple, Hewlett Packard, Digital, рядом японских фирм и др. Метафора «персонального ассистента» была заменена метафорой «интеллектуального посредника», или, как стали чаще говорить — «интеллектуального агента».

Постепенно эта идея вышла за рамки интеллектуального пользовательского интерфейса, она все более и более ориентировалась на идеи и методы искусственного интеллекта, на активное использование тех преимуществ, которые дают современные локальные и глобальные компьютерные сети, распределенные (онтологические) базы данных и знаний, распределенные вычисления. Активное развитие методов и технологий распределенного искусственного интеллекта, достижения в области аппаратных и программных средств поддержки концепции распределенности и открытости привели к осознанию того важного факта, что агенты могут интегрироваться в системы, совместно решающие сложные задачи. Это означало появление новой парадигмы распределенных систем искусственного интеллекта. Системы такого рода и полу-

чили название *многоагентных систем*. В настоящее время многоагентная система рассматривается как множество интеллектуальных агентов, распределенных по сети, мигрирующих по ней в поисках релевантных данных, знаний и процедур и кооперирующихся в процессе выработки решений (с использованием механизмов онтологического подхода). По сути, возникла новая парадигма сообщества «*программных роботов*», цель которых – удовлетворение различных информационных и вычислительных потребностей конечных пользователей.

Особое место занимают исследования, связанные с разработкой *приложений многоагентных систем* и инструментальных средств поддержки технологии их разработки [36,37].

Среди новейших ИТ-технологий выделяется когнитивный компьютеринг (компьютерная аналитика), цель которого – выявление неизвестных тенденций, закономерностей и корреляций. Эта технология уже сегодня позволяет прогнозировать многие процессы в бизнесе, в борьбе с преступностью, осуществлять эффективную диагностику в сфере медицины, и, кроме того, она становится еще одним инструментом получения новых знаний об окружающем нас мире.

Нейрокомпьютинг

В Википедии нейрокомпьютер определяется как устройство переработки информации на основе принципов работы естественных нейронных систем. Такие принципы были сформулированы в [38]:

- биологические и технические системы, реализующие интеллект, должны воспринимать окружающую среду в той мере, в какой они могут с ней взаимодействовать;

- любая система должна воспринимать не только “что”, но и “где”. Или, работа мозга и соответствующих технических систем связана пространственной организацией, в пределах которой они взаимодействуют с окружающей средой;

- любые биологические и соответствующие технические системы, являясь адаптивными по определению, должны соотносить сенсорные данные и свои действия таким образом, чтобы непрерывно корректировать свою внутреннюю модель мира;

- организация системы должна быть иерархической и иметь соответствующие петли обратной связи для координации своих подсистем.

Кроме перечисленных структурных требований следует учитывать, что принципы естественного отбора для биологического интеллекта

и проб и ошибок для искусственного интеллекта приводят к эволюционному развитию систем, обладающих, во-первых, минимальным временем и объемом памяти, необходимых для выполнения операций над абстрактными объектами, и, во-вторых, минимальным объемом памяти, необходимой для хранения знаний и данных, но и достаточной для функционирования систем, взаимодействующих со своим окружением [39].

Известны модели познавательных процессов, которые удовлетворяют некоторым из этих принципов, но практически нет ни одной, которая удовлетворяла бы всем этим принципам. В зависимости от того, что принимается за основу предлагаемых моделей, их можно разделить на два класса: основанные на классической архитектуре и на архитектуре связанности. Далее будет кратко рассмотрена последняя модель, основанная на идее коннекционизма (подхода, основанного на представлении, как памяти данных, так и алгоритмов системой связей и их весами).

Нейросетевые модели интересны тем, что они могут предоставлять новые конструкции для понимания сути мысли и процессов в мозге [39].

Нейросети хорошо адаптируются к проблемам, которые требуют решения многих конфликтных ситуаций, связанных с параллельной обработкой информации. Это является достаточным, чтобы обратить внимание на нейросети при решении таких задач, как распознавание образов, планирование и перемещение объектов в координатном пространстве.

Итак, многими признаются три основных преимущества нейрокомпьютеров:

- все алгоритмы нейрокомпьютинга высокопараллельны, что предполагает высокое быстродействие;

- нейросистемы легко преобразуются в системы, устойчивые к помехам и разрушениям;

- устойчивые и надежные нейросистемы могут создаваться и из ненадежных элементов, имеющих значительный разброс параметров.

Многолетние усилия исследовательских групп привели к тому, что к настоящему времени накоплено большое количество различных “правил обучения” и архитектур нейронных сетей, их аппаратных реализаций и приемов использования нейронных сетей для решения большого числа практических задач.

Grid-компьютинг и облачные вычисления

Современные системы поддержки научных

исследований кроме индивидуальных платформ используют, как правило, два основных взаимодополняющих типа информационных систем коллективного пользования [5]: Grid – технологии и облачные вычисления.

Grid-компьютинг – это современная технология распределенной обработки информации на основе развитой сетевой инфраструктуры и инструментария прозрачного управления гетерогенными ресурсами, мониторинга данных, поддержки грид-сервисов и безопасности, систем виртуального взаимодействия коллективных пользователей.

Облачные вычисления – это технология распределенной обработки информации, в которой компьютерные ресурсы предоставляются пользователю в режиме Интернет-сервиса в виде сервисных центров, виртуальных платформ (как правило, связанных в сеть) на правах аренды у компаний-владельцев ресурсов (например, сервисы Google Apps/Docs, Amazon ECR, Microsoft Office Web). Потенциал облачных вычислений очень высокий и отвечает общей тенденции глобализации. Особую привлекательность «облаку» обеспечивает его доступность (любая точка Интернета).

Данные типы систем коллективного пользования могут стать долгосрочной основой ресурсной поддержки трансдисциплинарных научных исследований, независимо от направленности последних [6]. Обязательной компонентой сервисных центров должна быть формализованная система знаний (и данных), представляющих онтолого-управляемую научную картину мира, обеспечивающую непротиворечивые постановку и решение задач научно-исследовательских работ с учетом проблем экологии, устойчивого развития, общей траектории цивилизации и пр.

Научно-технические требования к информационным технологиям поддержки трансдисциплинарных исследований

Как указывалось выше, области применения междисциплинарных и трансдисциплинарных исследований постоянно расширяются, что, в свою очередь, требует постоянного совершенствования информационных (в том числе и суперкомпьютерных) технологий их поддержки. При этом к требованиям добавляется социальная составляющая, для которой параметры надежности, эффективности и безопасности являются преобладающими.

При рассмотрении процесса естественно-го развития науки и повышения требований к

ней со стороны общества основой управления междисциплинарными исследованиями должна стать интегрированная информационно-технологическая система, которая обеспечит организационные процессы, мониторинг научных исследований, регламентирует все этапы их жизненного цикла и электронного документооборота, анализ и оценивание результатов исследований и принятие на этой основе решений и определения актуальных направлений и т.д. На этой основе необходимо создать общее интегрированное пространство трансдисциплинарных знаний, где синергетически будут взаимодействовать многочисленные коллективы профессионалов разных предметных областей, которые сосредоточат внимание на решении наиболее важных трансдисциплинарных научно-практических проблем. Их работу в реальном времени и пространстве будут поддерживать совершенные информационные технологии [40].

В основу новой парадигмы предлагается положить такое фундаментальное положение: устойчивое конструктивное научное знание в унифицированной форме.

Для реализации разных аспектов указанной парадигмы необходимо создать информационные технологии, которые базируются на компьютерно-сетевых системах нового поколения (интеллектуальных корпоративных сетях, грид-системе и др.), которые интегрируют высокоскоростную телекоммуникационную систему, знание-ориентированную архитектуру, средства обработки и представления информации, математическое обеспечение. Ядро интегрированных информационных технологий для междисциплинарных научных исследований (МНИ) составляют системно интегрированные базы конструктивно представленных знаний, распределенные знание-ориентированные услуги, что обеспечивают высокоорганизованный доступ к информационным и вычислительным ресурсам, выполнения таких функций, как: выявление закономерностей, сортировка данных и поддержка принятия решений, подготовка заданий, планирование, выполнение трансдисциплинарных заданий, виртуализация кооперативного взаимодействия, аутсорсинг, применение современных методов обработки мультимедийных информационных ресурсов в виртуальном гиперпространстве, проведение видеоконференций и т.п.

Эффективность результатов выполнения программы ИТ-МНИ обусловят такие факторы: – переход к недетерминированному режиму продуцирования и использования знаний

субъектами научного процесса к режиму эффективного управления знаниями (на всех этапах их жизненного цикла) и наукой в целом;

– принципиальная возможность решения трансдисциплинарных проблем сверхвысокой сложности;

– непродуктивные трудозатраты научных работников существенно сокращены благодаря непосредственному использованию устойчивого интегрированного научного знания в канонической форме;

– рост результативности и качества решения проблем, в частности благодаря объективному оцениванию и контролю результатов научных исследований;

– устойчивое знание станет интеллектуальным капиталом, а субъекты науки – непосредственными участниками экономической деятельности общества, что создаст благоприятные условия для стимулирования развития, как самой науки, так и креативного общества [40].

Следует также учитывать известную SMART-парадигму постановки (и достижения) целей. Она может быть хорошим ориентиром при постановке задач в сложных трансдисциплинарных проектах. SMART – это аббревиатура, содержащая 5 характеристик поставленной цели: S (*specific*) – конкретная; M (*measurable*) – измеримая; A (*achievable*) – достижимая; R (*realistic or relevant*) – реалистичная, релевантная, соотносимая с другими задачами; T (*timed*) – определенная по времени.

Трансдисциплинарность, в свою очередь, выдвигает требование интеграции научных дисциплин на основе формализма, единого для всех предметных областей. Таковым является формальная компьютерная онтология. Отсюда, процесс ноосферогенеза опирается на парадигматический кортеж <ноосфера–научная картина мира–трансдисциплинарность–онтологическая концепция–прикладные интеллектуальные системы и технологии>.

Итак, сформулируем (открытую, дополняемую и развивающуюся) систему требований к информационным технологиям поддержки междисциплинарных и трансдисциплинарных исследований.

1. Новые компьютерные технологии должны быть построены на основе знаний, адекватным процессам решения проблем в науке.

2. Непрерывное самосовершенствование, как самих технологий, так и методов манипулирования ими.

3. Информация и знания обладают свой-

ством идемпотентности, а, следовательно, информационные технологии должны поддерживать это свойство (*information sharing and knowledge sharing*).

4. Должны быть поддержаны ключевые методы и способы обработки данных, информации и знаний, в том числе:

– тесное взаимодействие с Грид-, Облачными- и Суперкомпьютерными технологиями;

– способность к обработке больших объемов данных (*Big Data*) с целью реализации технологий обработки аналитики информации;

– многофакторность аутентификации;

– способность к управлению голосом;

– ориентация на *Green computing* (экотехнологии, цель которых состоит в создании экологически ориентированной компьютерной среды).

Выводы

Учение В.И. Вернадского о ноосфере, по сути, апеллирует к научной картине мира, которую необходимо строить для того, чтобы преодолеть междисциплинарные барьеры и повысить эффективность междисциплинарного взаимодействия и современной науки в целом. Речь идет о всеобщем трансдисциплинарном знании.

Развитие NBIC-кластера конвергенции открывает широкие, пока полностью не оцененные возможности глобального знание-ориентированного Интернета, а с ним и всей современной цивилизации. Очевидно, это развитие будет идти по пути создания вначале прикладных распределенных систем в конкретных предметных областях (телемедицина, экологический мониторинг, информационное сопровождение товаров и услуг, энергетические системы, коммунальные службы и пр.), повышения их интеллектуального уровня. Центральное место в них займут *Grid-технологии* и *Cloud-computing*, а также виртуальные организации, структуры и сервисы. Постановка и реализация трансдисциплинарных проектов высокой сложности с особой четкостью проявит при этом системообразующую функцию информатики.

Таким образом, проблемы эффективной поддержки трансдисциплинарных научных исследований приводят к формированию и системному анализу сервис-ориентированной парадигмы ноосферогенеза, задаваемой цепочкой: *ноосферогенез–трансдисциплинарность–информатика–онтологическая концепция–научная картина мира–перспективные информационные технологии*. Сущностная функция, место и последовательность концептов в этой цепочке чет-

ко определены и, по сути, составляют методологическую основу современных научных исследований, как основы развития цивилизации. Ноосферология, как отмечалось выше, — это целостная совокупность знаний и гармоническое взаимодействие в системе «Человек — Природа» под управлением научной мысли и воли человека. Она органично связана с научной и технологической компонентами развития цивилизации. Развитие науки перешло от стадии дифференциации к стадии интеграции, обеспечив возможность реализации трансдисциплинарной концепции развития науки, которая апеллирует к научной картине мира при постановке и проведении научных исследований и выполнении сложных исследовательских и практических проектов. Без нее немыслим целенаправленный позитивный процесс ноосферогенеза. Здесь выполняет свою миссию информатика как системообразующая отрасль знаний. В ее недрах зародилась онтологическая концепция, сущность которой состоит в формальном онтологическом описании предметных областей и научной картины мира в целом. Наконец, современные информационные технологии уже стали сегодня основой практически всех Hi Tech и построения знание-ориентированного общества, способного разрешить все существенные противоречия развития современной (технологической) цивилизации. Процесс интеллектуализации информационных технологий ориентирован, в первую очередь, на сложные фундаментальные и прикладные научные исследования. Вот почему системы knowledge engineering и knowledge management занимают особое место в разделе информатики, называемом «Искусственный интеллект» [32,41].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nicolescu B. Transdisciplinarity — Theory and Practice. — Cresskill, NJ: Hampton Press, 2008. — 320 p.
2. Хартия трансдисциплинарности. — Available at: <http://www.anoitt.ru/index4.php>.
3. Информационный портал «Трансдисциплинарность» — Available at: <http://www.anoitt.ru>.
4. Американская школа трансдисциплинарности (США и Канада, Институт комплексных проблем Санта Фе). — Available at: <http://www.santafe.edu/>.
5. Европейская школа трансдисциплинарности (Англия, Испания, Италия и Франция), International Center for Transdisciplinary Research. — Available at: <http://cirt-transdisciplinarity.org/>.
6. Швейцарская школа трансдисциплинарности. Network for Transdisciplinary in sciences and humanities. — Available at: <http://www.transdisciplinarity.ch>.
7. Государственная программа развития фундаментальных исследований в Китайской республике (Программа «973»). — Available at: <http://www.973.gov.cn/English/Index.aspx>.
8. Черникова И.В. Трансдисциплинарные методологии и технологии современной науки // Вопросы философии. — 2015. — № 4. — С.26-35.
9. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансгуманизм>.
10. Князева Е.Н. Трансдисциплинарные стратегии исследования // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2011. — № 10 (112). — С.193-201.
11. Киященко Л.П., Гребенникова Е.Г. Современная философия науки: трансдисциплинарные аспекты. — М.: Московский государственный медико-стоматологический университет, 2011. — 172 с.
12. Кургаев О.П. Эволюция структуры объекта науки // Кибернетика и системный анализ. — 2016. — Том 52, № 2. — С.11-21.
13. Available at: http://www.anoitt.ru/cabdir/about_td.php.
14. Мокий В.С. Методология трансдисциплинарности-4 / 3-е изд., испр. и допол. — Нальчик: АНОИТТ, 2017. — 112 с.
15. Гуреев П.М. Современная наука и методология трансдисциплинарности. — КиберЛенинка — научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. — Available at: <https://cyberleninka.ru/search?q=современная+наука+и+методология+трансдисциплинарности>.
16. Колесникова И.А. Трансдисциплинарная стратегия исследования непрерывного образования. *Непрерывное образование: XXI век. 2014. Вып. 4(8)*. Available at: <http://lll21.petsu.ru/journal/article.php?id=2261>.
17. Степин В.С. Теоретическое знание. Available at: <http://philosophy.ru/library/stepin/index.html>.
18. Палагин А.В. Проблемы трансдисциплинарности и роль информатики // Кибернетика и системный анализ. — 2013. — № 5. — С.3-13.
19. Прайд В., Медведев Д.А. Феномен конвергенции: реальности и ожидание // Философские науки. — 2008. — № 1. — С.97-117.
20. Киященко Л.П. Когнитивная инновация в фокусе философии трансдисциплинарности // Знание. Понимание. Умение. — 2012. — № 2. — С.34-49.
21. Gibbons M., Nowotny H., Limoges C., Schwartzman S., Scott P., Trow M. The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies. — London., 1994. — 155 с.
22. Киященко Л.П., Мусеев В.И. Философия трансдисциплинарности // Рос. акад. наук, Ин-т философии. — М.: Институт философии РАН, 2009. — 205 с.
23. Available at: <http://anoitt.ru/index3.php>.
24. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Системо->

логія.

25. Pohl C., Hirsch Hadorn G. Principles for Designing Transdisciplinary Research. München, 2007. — 124 p.

26. Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. — Available at: <http://spkurdyumov.ru/category/what/>.

27. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. — М.: Наука, 1994. — 236 с.

28. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 404 с.

29. Сайт С.П. Курдюмова “Синергетика” Available at: <http://spkurdyumov.ru/category/what/>.

30. Палагин А.В. Трансдисциплинарность, информатика и развитие современной цивилизации // Вісник НАН України. — 2014. — № 7 — С.25-33.

31. Палагин А.В., Крытый С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний // [Монография]. — Луганск: изд. ВГУ им. В. Даля, 2012. — 324 с. — Available at: <http://www.aduis.com.ua/Monography.pdf>.

32. Палагин О.В., Петренко М.Г. Тлумачний онтографічний словник з інженерії знань. — Інтерсервіс, 2017. — 478 с.

33. Палагин А.В. Введение в класс трансдисциплинарных систем исследовательского проектирования // Управляющие системы и машины. — 2016. — № 6. — С.3-11.

34. Палагин А.В. Архитектура онтолого-управляемых компьютерных систем // Кибернетика и системный анализ. — 2006. — № 2. — С.111-124.

35. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу исследовательского проектирования систем smart-среды. Материалы міжнародної наукової конференції “Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку”. Україна, Київ, 13-15 грудня, 2017, с. 225-226.

36. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор). Available at: <http://www.spkurdyumov.ru/category/networks>.

37. Палагин А.В., Яковлев Ю.С. Системная интеграция средств компьютерной техники. — Винница: УНІВЕРСУМ, 2005. — 680 с.

38. Сантагомаи Я., Арбиб М. Концептуальные модели нервной системы. — М.: Мир, 1976. — 430 с.

39. Рапопорт Г.Н., Герц Г.Н. Биологический и искусственный разум. Ч.1: Сознание, мышление и эмоции. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. — 184 с.

40. Кургаев О.П., Палагин О.В. До питання інформаційної підтримки наукових досліджень // Вісник НАН України. — 2015. — № 8 — С.33-48.

41. Палагин А.В. Онтологическая концепция информатизации научных исследований // Кибернетика и системный анализ. — 2016. — № 1. — С.3-9.

РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНИХ І МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЛЬ ІНФОРМАТИКИ

Палагин О.В., Петренко М.Г.

Розглянуті методології трансдисциплінарних і міждисциплінарних наукових досліджень, інформаційні технології їх підтримки безпосередньо чи посередньо апелюють до наукової картини світу, яка дозволить підвищити ефективність трансдисциплінарної взаємодії предметних дисциплін, залучати до розгляду все нові кластери конвергенції, створювати нові наукові теорії, моделі та методи вирішення складних наукових проблем Природи і Суспільства. Мова йде про загальні трансдисциплінарні знання. В масштабах всесвітнього “павутиння” (або глобального інформаційного простору) такі знання повинні бути надані єдиною мережею трансдисциплінарних знань — наступним поколінням Semantic Web. Вочевидь, цей розвиток буде йти по шляху створення спочатку прикладних розподілених систем в конкретних предметних областях (телемедицина, екологічний моніторинг, енергетичні системи та ін.), підвищення їх інтелектуального рівня. Центральне місце в них займають Grid-технології та Cloud-computing, а також віртуальні організації, структури та сервіси. Постановка і реалізація трансдисциплінарних проектів високої складності з особливою чіткістю проявлять при цьому системоутворюючу функцію інформатики.

Проблеми ефективного підтримки міждисциплінарного наукового пошуку ведуть до формування та систематичного аналізу сервісно-орієнтованої парадигми ноосферного генезису, визначеного ланцюгом: ноосферогенез — трансдисциплінарність — інформатика — онтологічна концепція — наукова картина світу — перспективні інформаційні технології. Істотна функція, місце та послідовність понять у цьому ланцюзі чітко визначені і, по суті, складають методологічну основу сучасних наукових досліджень, як основи розвитку цивілізації. Сучасні інформаційні технології вже стали основою практично всіх технологій Ні Теш і основи побудови суспільства, орієнтованого на знання, яке здатне вирішити всі суттєві протиріччя у розвитку сучасної (технологічної) цивілізації. Процес інтелектуалізації інформаційних технологій орієнтований, по-перше, на комплексне фундаментальне та прикладне наукове дослідження, тому системи knowledge engineering та knowledge management займають особливе місце в інформатиці.

Ключові слова: трансдисциплінарність, міждисциплінарність, синергетика, ноосферогенез, онтологічна концепція, глобальна інформаційна інфраструктура, дослідне проектування, системи, які розвиваються.

Поступила в редакцію 29.03.2018

DEVELOPMENT AND FORMATION OF TRANSDISCIPLINARY AND INTERDISCIPLINARY RESEARCH AND THE ROLE OF COMPUTER SCIENCE

Palagin A.V., Petrenko N.G.

V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, Kiev, Ukraine

The considered methodologies of transdisciplinary and interdisciplinary scientific research, information technologies of their support directly or indirectly appeal to the scientific picture of the world that will increase the effectiveness of the transdisciplinary interaction of subject disciplines, involve into consideration new convergence clusters, create new scientific theories, models and methods for solving complex scientific problems of Nature and Society. It is a question of universal transdisciplinary knowledge. All over the worldwide web (or global information space), such knowledge should be represented by the Unified Network of Transdisciplinary Knowledge – the next generation of Semantic Web. Obviously, this development will follow the path of initially creating applied distributed systems in specific subject areas (telemedicine, environmental monitoring, energy systems, etc.) and raising their intellectual level. The central place in it will be occupied by Grid-technologies and Cloud-computing, as well as virtual organizations, structures and services. The setting and implementation of transdisciplinary projects of high complexity will clearly show the core function of informatics. The problems of effective support of transdisciplinary scientific research lead to the formation and systematic analysis of the service-oriented paradigm of noospherogenesis defined by the chain: noospherogenesis – transdisciplinarity – informatics – ontological concept – scientific picture of the world – perspective information technologies. The essential function, place and sequence of concepts in this chain are clearly defined and, in fact, constitute the methodological basis of modern scientific research, as a basis of the civilization development. Modern information technologies have already become the foundation of almost all Hi Tech and the basis of the construction of a knowledge-oriented society, which is capable to solve all the essential tensions in the development of modern (technological) civilization. The process of information technologies intellectualization is oriented, firstly, on complex fundamental and applied scientific research, that is why knowledge engineering and knowledge management systems occupy a special place in informatics.

Keywords: transdisciplinarity, interdisciplinarity, synergetics, noospherogenesis, ontological conception, global information infrastructure, research design, evolutionary systems.

REFERENCES

1. Nicolescu B. *Transdisciplinarity. Theory and Practice*. Hampton Press, Cresskill, NJ, 2008. 320 p.
2. *Khartiya transdistsiplinarnosti* [Transdisciplinarity Charter]. Available at: <http://www.anoitt.ru/index4.php>. (in Russian).
3. *Sayt «Transdistsiplinarnyye issledovaniya»* [«Transdisciplinary research» site]. Available at: <http://transstudy.ru>. (in Russian).
4. *Amerikanskaya shkola transdistsiplinarnosti (SSHA i Kanada, Institut kompleksnykh problem Santa Fe)* [American School of Transdisciplinarity (USA and Canada, Santa Fe Institute)]. Available at: <http://www.santafe.edu/>. (in Russian).
5. *Yevropeyskaya shkola transdistsiplinarnosti (Angliya, Is-paiya, Italiya i Frantsiya)* [European School of Transdisciplinarity (England, Spain, Italy and France)], International Center for Transdisciplinary Research. Available at: <http://ciret-transdisciplinarity.org/>. (in Russian).
6. *Shveytsarskaya shkola transdistsiplinarnosti* [Swiss School of Transdisciplinarity]. Network for Transdisciplinarity in sciences and humanities. Available at: <http://www.transdisciplinarity.ch>. <http://www.anoitt.ru/index4.php>.
7. *Gosudarstvennaya programma razvitiya fundamentalnykh issledovaniy (Programma «973»)* [The State Program for the Development of Basic Research in the Chinese Republic (Program «973»)]. Available at: <http://www.973.gov.cn/English/Index.aspx>. (in Russian).
8. Chernikova I.V. *Transdistsiplinarnyye metodologii i tekhnologii sovremennoy nauki* [Transdisciplinary methodologies and technologies of modern science]. *Voprosy filosofii* [Questions of philosophy], 2015, no. 4. pp.26-35. (in Russian).
9. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Transhumanism>. (in Russian).
10. Knyazeva E.N. *Transdistsiplinarnyye strategii issledovaniya* [Transdisciplinary research strategies]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University], 2011, no. 10 (112). pp.193-201. (in Russian).
11. Kiyashchenko L.P., Grebenshchikova E.G. *Sovremennaya filosofiya nauki: transdistsiplinarnyye aspekty* [Modern philosophy of science: transdisciplinary aspects]. Moskovskiy gosudarstvennyy mediko-stomatologicheskii universitet, 2011. 172 p. (in Russian).
12. Kurgaev O.P. *Evolutsiia struktury obiekta nauki* [Evolution of the structure of the science]. *Kibernetika i sistemnyy analiz*, 2016, vol. 52, no. 2. pp.11-21. (in Ukrainian).
13. Available at: http://www.anoitt.ru/cabdir/about_td.php. (in Russian).
14. Mokiy V.S. *Metodologiya transdistsiplinarnosti-4* [Methodology of transdisciplinarity-4], *Nalchik: ANOITT*, 2017, 112 p. (in Russian).
15. Gureev P.M. *Sovremennaya nauka i metodologiya transdistsiplinarnosti* [Modern science and methodology of transdisciplinarity]. *KiberLeninka – nauchnaya elektronnyaya biblioteka (Elektronnyy resurs)* [CyberLeninka – a scientific electronic library (Electronic resource)]. *Dostupno na: Sovremennaya + nauka + i + metodologiya + transdisciplinarity* Available at: <https://cyberleninka.ru/search?q=Modern+science+and+methodology+transdisciplinarity>. (in Russian).
16. Kolesnikova I.A. *Transdistsiplinarnaya strategiya issledovaniya nepreryvnogo obrazovaniya* [Transdisciplinary strategy for the study of continuing education]. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek Vestnik petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Continuing education: XXI century, Bulletin of Petrozavodsk State University], 2014, no. 4(8), Available at: <http://lll21.petsu.ru/journal/article.php?id=2261>. (in Russian).
17. Stepin V.S. *Teoreticheskoe znanie* [Theoretical knowledge]. Available at: <http://philosophy.ru/library/stepin/index.html>. (in Russian).
18. Palagin A.V. *Problemy transdistsiplinarnosti i rol informatiki* [Problems of transdisciplinarity and the role of computer science]. *Kibernetika i sistemnyy analiz* [Cybernetics and Systems Analysis], 2013, no. 5. pp.3-13. (in Russian).

19. Prayd V., Medvedev D.A. Fenomen konvergentsii: realnosti i ozhidaniye [The phenomenon of convergence: reality and expectation]. *Filosofskie nauki* [Philosophical Sciences], 2008, no. 1. pp.97-117. (in Russian).
20. Kiyashchenko L.P. *Kognitivnaya innovatsiya v fokuse filosofii transdistsiplinarnosti* [Cognitive innovation in the focus of the philosophy of transdisciplinarity]. *Znaniye. Ponimaniye. Umeniye* [Knowledge. Understanding. Skill], 2012, no. 2. pp.34-49. (in Russian).
21. Gibbons M., Nowotny H., Limoges C., Schwartzman S., Scott P., Trow M. *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London., 1994. 155 p.
22. Kiyashchenko L.P., Moiseyev V.I. *Filosofiya transdistsiplinarnosti* [The philosophy of transdisciplinarity]. Ros. akad. Nauk, In-t filosofii, 2009, 205 p. (in Russian).
23. Available at: <http://anoitt.ru/index3.php>. (in Russian).
24. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Systemology>. (in Russian).
25. Pohl C., Hirsch Hadorn G. *Principles for Designing Transdisciplinary Research*. Munchen, 2007. 124 p.
26. Budanov V.G. *Metodologiya sinergetiki v postneklasicheskoy nauke i v obrazovanii* [Methodology of synergetics in post-non-classical science and in education]. Available at: <http://spkurdyumov.ru/category/what>. (in Russian).
27. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. *Zakony evolyutsii i samoorganizatsii slozhnykh sistem* [Laws of evolution and self-organization of complex systems]. Nauka, 1994. 236 p. (in Russian).
28. Khaken G. *Sinergetika* [Synergetics]. Mir, Moscow, 1980. 404 p. (in Russian).
29. Sayt S.P. Kurdyumova "Sinergetika" [The site of S.P. Kurdyumov «Synergetics»] Available at: <http://spkurdyumov.ru/category/what>. (in Russian).
30. Palagin A.V. Transdistsiplinarnost, informatika i razvitiye sovremennoy tsivilizatsii [Transdisciplinarity, informatics and the development of modern civilization]. *Visnyk NAN Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine], 2014, no. 7. pp.25-33. (in Russian).
31. Palagin A.V., Kryvyy S.L., Petrenko N.G. *Ontologicheskiye metody i sredstva obrabotki predmetnykh znaniy* [Ontological methods and means of processing subject knowledge]. *Monografiya* [Monography]. Lugansk: izd. VNU im. Dalya, 2012. 324 p. at: <http://www.aduis.com.ua/Monography.pdf>. (in Russian).
32. Palagin O.V., Petrenko M.G. *Tlumachnyi ontografichnyi slovnyk z inzhenerii znan* [An Ontographic Dictionary of Experimental Knowledge Engineering]. Interservis, 2017. 478 p. (in Ukrainian).
33. Palagin A.V. Vvedeniye v klass transdistsiplinarnykh sistem issledovatel'skogo proektirovaniya [Introduction to the class of transdisciplinary research design systems]. *Upravlyayushchiye sistemy i mashiny* [Control systems and machines], 2016. no. 6. pp.3-11. (in Russian).
34. Palagin A.V. Arkhitektura ontologo-upravlyayemykh kompyuternykh sistem [Architecture of ontology-driven computer systems]. *Kibernetika i sistemnyy analiz* [Cybernetics and Systems Analysis], 2006, no. 2. pp.111-124. (in Russian).
35. Palagin A.V., Petrenko N.G. K voprosu issledovatel'skogo proyektirovaniya sistem smart-sredy [To a question of research design of smart-environment systems]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Suchasna informatika: problemy, dosiahnennia ta perspektivy rozvytku"* [Materials of the international scientific conference «Modern informatics: problems, achievements and prospects of development»]. Ukraine, Kiev, 13-15 december, 2017, pp.225-226. (in Russian).
36. Gorodetskiy V.I., Grushinskiy M.S., Khabalov A.V. *Mnogoagentnye sistemy (obzor)* [Multi-agent systems (overview)]. Available at: <http://www.spkurdyumov.ru/category/networks>. (in Russian).
37. Palagin A.V., Yakovlev Yu.S. *Sistemnaya integratsiya sredstv kompyuternoy tekhniki* [System integration of computer equipment]. UNIVERSUM, Vinnitsa, 2005. 680 p. (in Russian).
38. Sentagotai Yu., Arbib M. *Kontseptualnye modeli nervnoy sistemy* [Conceptual models of the nervous system]. Mir, Moscow, 1976. 430 p. (in Russian).
39. Rapoport G.N., Gerts G.N. *Biologicheskii i iskusstvennyy razum. Ch.1: Soznaniye, myshleniye i emotsii* [Biological and artificial intelligence. Part 1: Consciousness, Thinking and Emotion]. Knizhnyy dom "LIBROKOM", Moscow, 2016. 184 p. (in Russian).
40. Kurgaev O.P., Palagin O.V. Do pytannya informatsiinoi pidtrymky naukovykh doslidzhen [To a question of information support of scientific research]. *Visnyk NAN Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine], 2015, no. 8. pp.33-48. (in Ukrainian).
41. Palagin A.V. Ontologicheskaya kontseptsiya informatizatsii nauchnykh issledovaniy [Ontological concept of informatization of scientific researches]. *Kibernetika i sistemnyy analiz* [Cybernetics and Systems Analysis], 2016, no. 1. pp.3-9. (in Russian).