

УДК 1:001:16

**НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОНАУКА:
ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ******Ястреб Наталья Андреевна****Вологодский государственный университет*

В статье рассматриваются основания инструментальной революции, связанной с возникновением нанотехнологий. Показано, что онтологические особенности наносистемотехники связаны со спецификой размерности объектов и манипуляторов, выходящей за пределы доминирования квантовых эффектов, но не достаточной для проявления макросвойств. Эпистемологическая основа нанотехнологий понимается в рамках конструктивизма и редукционизма, а ее базовыми методологическими принципами выступает принцип единства мира в наномасштабе, и принцип практического совершенствования природных объектов, вплоть до человека. Показано, что «неоредукционизм» нанонауки существенно отличается от его классического варианта и не только не противоречит принципу холизма, но и сам может рассматриваться как новый (конвергентный) уровень холизма. Эмерджентные свойства здесь рассматриваются как результат синергического взаимодействия технологий.

Ключевые слова: нанотехнологии; инструментальная революция; философия техники; технонаука; наноразмерные системы; конструктивный реализм.

**NANOTECHNOLOGY AND NANOSCIENCE:
EPISTEMOLOGICAL APPROACH*****Natalia A. Yastreb****Vologda state university*

The paper is devoted to the basis of the instrumental revolution, connected with the emergence of nanotechnologies. The author draws that the ontological features of nanosystems engineering are related to the specific of objects and manipulators dimensions, which are beyond the dominance of quantum effects, but are not sufficient for revealing of properties in macroworld. The epistemological basis of nanotechnologies is being conceived in the context of constructive and reductionism. In this case, its methodological foundations are the unity of the nanoworld and the practical improvement of natural objects, up to human being. The paper presents that «neoreductionism» of nanoscience differs significantly from the classical version. Moreover, it is not contrary to the principle of holism, but can be viewed as a new (convergent) level of this theory. Emergent properties are considered here as the result of synergetic interaction of technologies.

Key words: nanotechnology; instrumental revolution; philosophy of technology; technoscience; nanoscale systems; reductionism; constructive realism.

Научно-технический прогресс в литературе часто описывается с использованием термина «революция», под которой может пониматься смена научных теорий, парадигм, картин мира или что-то еще. Однако несомненно, что структура научно-технических революций является намного слож-

нее. Концептуальные трансформации, предполагающие фундаментальные изменения в понимании мира, цели и задач науки, способов научного познания, весьма редки в истории науки. Наряду с ними выделяются технические (по сути — промышленные) революции, связанные с внедрением какого-либо открытия или изобретения (или их совокупности) и радикальным изменением вследствие этого способа производства, технического уклада и общества в целом. При этом в литературе часто упускается из вида третий вид — инструментальные революции, которые происходят

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект № МК-1739.2014.6 «Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей».

гораздо чаще, примерно каждые 10–20 лет. Именно они оказывают в конечном итоге определяющее влияние на развитие науки и техники, возникновение промышленных и научных революций.

Несомненным примером инструментальной революции явилось создание в конце XX в. наноразмерных (10–9 м) искусственных систем, которых, на данный момент синтезировано более нескольких сотен типов. Три известных уровня организации материи — микро-, макро- и мегамир — дополнились еще одним — наноуровнем («мир потерянных величин»), в котором сочетаются свойства как микрообъектов, так и макроструктур. На этом уровне объекты «идентифицируются лишь по их предельно общим онтологическим свойствам — размерам, причем безотносительно к их природе» [4].

Наносистемы подчиняются квантовым и стохастическим закономерностям, находятся в состоянии, далеком от равновесия, при этом их формы зачастую не соответствуют формам природных нанобъектов, т.е. создаются принципиально новые технологии конструирования объектов и управления ими на уровне микромира. Возникает новое направление в технических науках — наносистемотехника, целью которой являются «фундаментальные исследования, направленные на создание принципиально новых технологических процессов и продуктов» [7, с. 30].

Идею возможности подобного конструирования еще в 1959 г. обозначил Р. Фейнман в своем знаменитом выступлении «Там внизу полно места» в Калифорнийском технологическом институте на рождественском обеде Американского физического общества. Обратив внимание на то, что биологические системы атомно-молекулярного уровня самостоятельно осуществляют разнообразные действия, меняют свою форму и химические свойства, записывают, обрабатывают и используют информацию, Фейнман провел анализ того, какие возможности даст человеку технология создания искусственных систем с подобными свойствами и каковы условия получения этой возможности. В противовес миниатюризации, как количественному уменьшению размеров, он ставит вопрос: «почему бы не научиться обрабатывать микроскопические объекты точно так же, как обрабатываются большие изделия, т.е. научиться штамповать или отливать их, сверлить в них отверстия, резать, паять и т.п.?» [6, с. 5]. Если все известные человечеству методы конструирования основывались на ис-

пользовании уже сформировавшихся естественным путем структур, то предлагаемый подход проектирования при помощи «атомарной сборки» может привести к революционным изменениям в химии, биологии, компьютерных технологиях и других направлениях.

В 1985 г. Роберт Кёрл, Харольд Крото, Ричард Смолли при проведении масс-спектрометрии паров графита открыли кластеры из 60–70 атомов углерода, располагающихся в трехмерном пространстве и образующих замкнутый сферический каркас. Фуллерен, имеющий форму усеченного икосаэдра, стал первой искусственной структурой наномасштаба. В настоящее время известно множество фуллеренов, в состав которых может входить до 400 атомов углерода. Обнаруженные уникальные полупроводниковые, фоторезисторные, антифрикционные, износостойкие и сверхпроводящие свойства фуллеренов определили перспективность развития данного направления, в результате чего практически все ведущие страны мира активизировали исследования нанобъектов. Через год, в 1986 г., после создания атомно-силового микроскопа появился новый инструмент для создания и исследования наноструктур. В результате уже в 1991 г. появились технологии создания углеродных нанотрубок [8], протяженных цилиндрических структур, обладающих огромным прикладным потенциалом в силу уникальных полупроводниковых и сверхпроводящих свойств. В настоящее время наибольший интерес представляет использование углеродных нанотрубок для создания нанопроводов, транзисторов, топливных элементов, дисплеев, светодиодов, искусственных мышц, которые в десятки раз сильнее натуральных, различных сверхпрочных материалов. Активное внедрение нанотрубок в массовое производство осложняется их токсичностью. Свободно преодолевая аэрогематический барьер вместе с воздухом, они значительно увеличивают риск опухолей, в частности рака легких; отмечены случаи внедрения наноигл в слизистую оболочку желудка.

Революционным прорывом в области нанотехнологий стало открытие в 2004 г. графена, плоской углеродной пленки толщиной в один атом, представляющей собой гексагональную двумерную кристаллическую решетку (первый известный человеку двумерный кристалл). В настоящее время именно графен считается наиболее перспективным материалом, освоение которого способно привести к радикальному изменению современной электроники и области информаци-

онных технологий в целом. Замена кремния, как основного полупроводника, на графен является задачей нанофотоники (наноэлектроники) — направления, возникнувшего уже в рамках парадигмы конвергентных технологий, в котором соединяются нано- и информационные технологии.

Фундаментальное значение освоения наноструктур связано с тем, что именно с их помощью можно преодолеть разрыв между макро- и микромиром и дать человеку, основываясь на принципе единства мира в наномасштабе, возможность создавать макрообъекты «с нуля», с соединения атомов и молекул: «...в громадном и пока еще слабо освоенном зазоре между макроуровнем, где действуют хорошо разработанные континуальные теории сплошных сред и инженерные методы расчета и конструирования, и атомарным, подчиненным законам квантовой механики, находится обширный уровень структуры материи — наномир. На этом уровне протекают жизненно важные биохимические процессы между макромолекулами ДНК, РНК, белков, ферментов, субклеточных структур, требующие более глубокого понимания. Вместе с тем именно здесь, в наномире, могут быть искусственно созданы неизвестные ранее продукты и технологии, способные радикально изменить жизнь всего человеческого общества» [7, с. 31].

Нанотехнологии отражают принципиально новый способ инженерной практики, вместо обработки «сверху вниз» они предполагают самосборку «снизу вверх», т.е. «молекулярный дизайн изделия из элементарных “кирпичиков” природы — наночастиц, наноструктур и т.п.» [там же]. В настоящее время выделяются два подхода к пониманию природы процесса самоорганизации наносистем, сформулированные как принцип максимального заполнения пространства веществом и принцип «строительных блоков», фундаментальных конфигураций, из которых создаются структурные элементы наночастиц любого типа. При этом сами структуры становятся инструментами-манипуляторами, с помощью нанотехнологий созданы зондовые микроскопы, оптические пинцеты, наноманипуляторы с пьезоэлектрическими двигателями, которые позволяют не только проводить исследования, но и осуществлять промышленный выпуск продуктов.

Для эпистемологического анализа нанонаука представляет большой интерес как в силу специфического построения научной теории, методологии, соотношения фундаментальных и прикладных исследований, так и благодаря наглядной

натурализации эпистемологических концепций, в частности таких, как редукционизм и конструктивизм. Среди основных эпистемологических задач можно выделить определение того, какова связь между наукой и техникой в случае нанотехнологий, какие виды знания лежат в основе нанотехнологических разработок, в чем специфика созданных в лабораторных условиях нанообъектов по сравнению с природными, в чем отличие когнитивных и ценностных ориентаций, неявного знания ученых, занимающихся технонаучными проектами, по сравнению с представителями «чистой» физики, биологии, химии и т.д. [9]. Кроме того, в философии науки в последние 8–10 лет активно ведутся дискуссии по поводу терминологии, места нанонаук и нанотехнологий в структуре научного познания, их влияния на человека и общество.

Среди основных терминов, используемых для описания данной предметной области, выделяются нанотехнология, нанонаука, нанонауки, иногда используется интегрированное понятие «нанотех». Исторически первыми (задолго до открытия фуллеренов и графена) возникли нанонауки, под которыми понимаются направления исследований «явлений и объектов на атомарном, молекулярном и макромолекулярном уровнях, характеристики которых существенно отличаются от свойств их макроаналогов» [5, с. 11]. К нанонаукам в этом значении можно отнести биохимию, молекулярную электронику, физику и химию дисперсных систем и т.д. Термин «нанотехнология», введенный в 1986 г. Э. Дрекслером, может быть в настоящее время определен как совокупность технологических приемов, позволяющая создавать и манипулировать объектами «от отдельных атомов и их ассоциаций до частиц, содержащих более атомов и имеющих размеры гораздо более 1 мкм в одном или двух измерениях» [7, с. 29].

Термин «нанонаука» нецелесообразно сводить к первым двум, так как он позволяет отразить важнейшее свойство всего семейства исследований нанообъектов, интегрирующих фундаментальное и прикладное знание. Нанонаука может быть определена как технонаучное направление исследований нанообъектов, в котором фундаментальные исследования концептуально неотделимы от прикладных, а научные методы — от создания и использования технологического инструментария. Технонаука подразумевает изменение не только структуры научного знания, но и науки как социального института, «переформати-

рование социальной среды науки» [1, с. 202]. Формируются модели построения исследовательской деятельности на основе взаимодействия академических структур, бизнеса и государства; научных проектов, выполняемых отдельными неакадемическими структурами, например фармацевтическими корпорациями или компаниями в области информационных технологий, способными профинансировать и организовать работу специалистов нанонаук.

Термин «нанотех» относится скорее к медийному или к научно-фантастическому, чем к философскому дискурсу, но заслуживает внимания в силу того, что в последние несколько лет он приобрел значение глобального проекта по преобразованию природы, техники, науки, человека и общества, базирующегося на неоредукционистском и неомеханистическом понимании мира, принципы построения всех объектов которого едины в наномасштабе. Социопроектный характер нанотеха отражает тот факт, что многие концепции развития данного направления изначально включали в себя форсайты, сценарии или прогнозы будущего с учетом вариантов развития отрасли. Нанотех наиболее точно отражает понимание роли нанотехнологий в структуре конвергентных технологий как базисных, позволяющих синергичное развитие всех остальных направлений.

Среди эпистемологических традиций в нанонауке наиболее заметно реализованы программы конструктивизма и редукционизма. В основе последней лежит восходящее к классической науке, а еще в более раннем варианте к Демокриту, понимание того, что любые объекты состоят из универсальных микроструктур: «современная технаука в принципе сохраняет преемственность с механистическим миропониманием классики, но рассматривает природу уже не как единый механизм, а как огромную совокупность разнообразных хитроумных устройств, предназначенных для выполнения самых разных функций» [1, с. 203]. Например, миозины — это «моторы», протеозины — «бульдозеры», мембраны — своеобразные «электрические ограждения», рибосомы — молекулярные машины для протяжки мРНК и синтеза белков и т.п. В этом контексте природа «мыслится то ли как своего рода “машинный парк”, то ли как “склад” инструментов и приспособлений, которыми мы можем воспользоваться для выполнения различных операций» [там же].

Одним из первых использовал редукционистский подход в методологии наноконструирования Р. Фейнман в мысленном эксперименте с работа-

ми, имеющими уменьшенные копии рук оператора. Допустим, мы создаем механизм, копирующий оператора, способный осуществлять основные виды деятельности над машинами — закручивать и откручивать гайки, сверлить отверстия и т.д., уменьшенный по сравнению с оригиналом в четыре раза. Далее этот механизм создает свою уменьшенную копию, и этот процесс продолжается до тех пор, пока создаваемые системы не уменьшатся до микроуровня, где станут заметными квантовые эффекты. Допуская, что на определенных этапах редукции придется изменить алгоритм конструирования в силу изменения физических параметров (массы, прочности и т.д.), тем не менее вполне можно представить такую цепочку редукции. Ее пределом как раз и будет являться наноуровень, где квантовые свойства объектов еще не достигают уровня, определяющего принципиально другой характер физических законов, по сравнению с макроуровнем. Обратимость данной редукции дает возможность смоделировать обратный процесс, когда наномашин, созданные на предыдущем этапе, начинают манипулировать частицами как строительными материалами и собирать искусственные системы, соединяя их требуемым способом. Поскольку известные законы физики не запрещают создавать объекты «атом за атомом», такая «манипуляция атомами, в принципе, вполне реальна и не нарушает никаких законов природы» [6, с. 6].

Редукционизм, подвергнутый основательной критике в рамках множества философских традиций и вытесненный за пределы доминирующих эпистемологических стратегий холистическими подходами, в современной философской литературе в конструктивном плане рассмотрен крайне мало. Методологически он базируется на «совокупности требований, окончательным результатом которых является процедура сведения одних качественных состояний объектов к другим» [3, с. 62]. Естественный предел редукции в случае нанотехнологий является достижимым и равняется одному атому, невозможность существования машины из одного атома как раз и является выходом из классического затруднения, связанного с бесконечным регрессом.

Реабилитация редукционизма и механицизма является одним из наиболее удивительных результатов нанонауки. Показав, что метод самосборки работает, т.е. позволяет создавать иерархические системы из имеющихся малоразмерных структур, инженерам удалось вывести редукционизм на новый уровень. Можно выделить, как

минимум, три положения неоредукционизма нанотехнологий, а именно: принцип материального единства мира в наносамштабе; идею о том, что строительными блоками всех физических, химических, биологических и т.д. систем являются наноструктуры, а также интеграцию редукционистского и конструктивистского подходов. Безусловно, редукционизм в нанонауке существенно отличается от его классического варианта. Такой подход не только не противоречит принципу холизма, но и сам может рассматриваться как новый (конвергентный) уровень холизма. Эмерджентные свойства при этом рассматриваются как результат синергического взаимодействия технологий.

В.И. Аршинов и М.В. Лебедев, анализируя конструктивистскую направленность нанотехнологий, пишут, что она отражает активистский подход в современной науке, основанный на идее «искусственного совершенства, согласно которому совершенное не дано изначально как непосредственная природа и не может быть дано; совершенное должно быть создано» [там же, с. 64]. Исходным допущением активистской позиции здесь выступает принцип несовершенства природы, согласно которому природа способна ошибаться, а следовательно, то, что создано природой, может быть улучшено. Этот принцип распространяется на неорганические материалы, прочность, проводимость, оптические или иные свойства которых не устраивают человека; ДНК и РНК, подверженные ошибкам репликации; клетки и ткани организма, поддающиеся инфекциям и ограниченные в самовосстановлении; стареющие и умирающие живые организмы, и, наконец, на человека, с его несовершенным телом, когнитивными способностями, далекими от идеала, и далеко не безупречными нравственно-этическими и ценностными ориентациями. Вот почему идея улучшения и совершенствования становится центральным тезисом многих современных технологических проектов, своей определяющей задачей имеющих улучшение качества жизни человека.

Конструктивистская направленность нанотехнологии выводит ее на уровень методов и инструментов социального проектирования и определяет тройную структуру ее функционала, в силу чего она может быть рассмотрена как технология практической деятельности (создание сверхминиатюрных мощных компьютеров и т.д.); как психотехнология (создание имплантируемых в мозг интерфейсов, или нейрочипов, которые могут быть запрограммированы на создание непосредственно в сознании человека той или иной вирту-

альной картины мира, модифицируя его чувственное восприятие) и как социальная технология, в силу того что созданная в мозгу человека виртуальная картина мира определяет его социальное поведение [3, с. 69].

В технонаучных направлениях, таких как нанонаука, создание теоретических моделей принципиально неотделимо от материального аспекта производства знания и деятельности субъекта. Объект нанотехнологий, такой как фуллерен или графен, сам является искусственной системой, созданной человеком и отобранной вследствие обладания необходимыми субъекту свойствами. Иначе говоря, если классическая наука познавала реальный мир через создание моделей его объектов, то нанотехнология делает это, используя одни фрагменты реальности вместо других.

Этот феномен описан в рамках lab-studies, исследования лабораторий в рамках социологии науки и техники, где было показано, что современные ученые все меньше работают с естественными объектами или собранным в природных условиях материалом, все больше опираются на методы и технологии, работающие только в лаборатории; происходит «процесс “исключения природы” из научной практики» [2, с. 36]. В нанотехнологических лабораториях нет отражения природных процессов, протекающих самих по себе. В силу того что объекты исследования недоступны для непосредственного наблюдения, ученый имеет дело не столько с природой, сколько с искусственными артефактами — графиками, данными, моделями, теориями и т.д. Но и сами исследуемые структуры получены и тщательно отобраны людьми; субъект взаимодействует не непосредственно с объектом, а с образом объекта, конструируемым прибором, создающим иллюзию наблюдаемости. Этот образ уже является результатом не только взаимодействия объекта, прибора и субъекта, но продуктом некоторых социальных практик, в рамках которых проводится исследование. Замена одного прибора другим, как и замена исследователя, может привести к кардинальному изменению результатов исследования [10]. Возрастает роль неявного знания, навыков практической деятельности, когнитивных и ментальных установок, ценностей и образцов ведения научного исследования.

Таким образом, эпистемологическими основаниями нанотехнологий выступают принцип единства мира в наномасштабе, понимаемый как потенциальная возможность конструирования макрообъектов с заданными свойствами их нано-

структур, и активистский подход, направленный на совершенствование природных объектов, вплоть до человека. Нанонаука в настоящее время представляет собой уникальный объект для философии науки в силу технонаучного характера построения научной теории, специфики соотношения фундаментальных и прикладных исследований, неотделимости теоретических моделей от материального аспекта производства знания, трансформации объекта научного исследования, который неизбежно дан наблюдателю в процессе конструирования, размывания границы между объектом и инструментом.

Список литературы

1. Андреев А.Л. Технонаука // Философия науки. 2011. № 16. С. 200–218.
2. Артюшина А.В. Социология науки и техники (STS): сетевой узел как трансформация лабораторной жизни // Социологические исследования. 2012. № 11. С. 35–51.
3. Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий // Философские науки. 2008. № 1. С. 58–79.
4. Горохов В.Г. Нанотехнология — новая парадигма научно-технической мысли // Высшее образование сегодня. 2008. № 5. С. 36–41.
5. Пиотровский Л.Б. «Нанотехнология», «нанонаука» и «нанообъекты»: что значит «нано»? // Экология и жизнь. 2010. № 8. С. 7–13.
6. Фейнман Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики // Российский химический журнал. 2002. № 5. С. 4–6.
7. Шевченко В.Я., Шудегов В.Е. Концепция развития работ по нанотехнологиям // Белая книга по нанотехнологиям: Исследования в области наночастиц, наноструктур и нанокompозитов в Российской Федерации. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 28–41.
8. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon // Nature. 1991. № 354. P. 56–58.
9. Nordmann A. Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance // International Handbook on Regulating Nanotechnologies / eds. by G.A. Hodge, D. Bowman, A.D. Maynard. Cheltenham: Edward Elgar, 2010. URL: http://www3.nd.edu/~impacts/Bibliography_files/NordmannPhilosophyandRegulationofNanoTech.pdf (accessed 14.08.2013).
10. Collins H.M. Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire // Social Studies of Science. 2001. Vol. 31, no. 1. P. 71–85.

Получено 15.08.2015

References

1. Andreev A.L. *Tehnonauka* [Technoscience]. *Filosofijanauki* [Philosophy of Science]. 2011, no. 16, pp. 200–218. (In Russian).
2. Artjushina A.V. [Sociology of science and technology (STS): a network node as the transformation of laboratory life]. *Sociologicheskie issledovania* [Sociological studies]. 2012, no. 11, pp. 35–51. (In Russian).
3. Arshinov V.I., Lebedev M.V. [Philosophical problems of development and application of nanotechnologies]. *Filosofskie nauki* [Philosophical sciences]. 2008, no. 1, pp. 58–79. (In Russian).
4. Gorohov V.G. [Nanotechnology as a new paradigm of science and technology]. *Vysshee obrazovanie segodnja* [Higher Education Today]. 2008, no. 5, pp. 36–41. (In Russian).
5. Piotrovskij L.B. [«Nanotechnology», «Nanoscience» and «Nano-objects»: what does «Nano» mean?]. *Ekologija i zhizn* [Ecology and life]. 2010, no. 8, pp. 7–13. (In Russian).
6. Feynman R. [There is plenty of room at the bottom: an invitation to a new world of physics]. *Rossiiskij Himicheskij Zhurnal* [Russian Journal of General Chemistry]. 2002, no. 5, pp. 4–6. (In Russian).
7. Shevchenko V., Shudegov V. [Concept of research trend in nanotechnology]. *Belaja kniga po nanotehnologijam: Issledovanija v oblastinanochastic, nanostruktur i nanokompозитov v Rossiiskoj Federacii* [White Paper on Nanotechnology: Research in the field of nanoparticles, nanostructures and nanocomposites in the Russian Federation]. Moscow, LKI Publ., 2008, pp. 28–41. (In Russian).
8. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon . *Nature*. 1991. № 354. P. 56–58. (In English).
9. Nordmann A. Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance. *International Handbook on Regulating Nanotechnologies*. Eds. by G.A. Hodge, D. Bowman, A.D. Maynard. Cheltenham: Edward Elgar, 2010. URL: http://www3.nd.edu/~impacts/Bibliography_files/NordmannPhilosophyandRegulationofNanoTech.pdf (accessed 14.08.2013). (In English).
10. Collins H.M. Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire. *Social Studies of Science*. 2001. Vol. 31, no. 1. P. 71–85. (In English).

The date of the manuscript receipt 15.08.2015

Об авторе

Ястреб Наталья Андреевна

кандидат философских наук, доцент кафедры философии

Вологодский государственный университет,
160035, Вологда, ул. Орлова, 6;
e-mail: nayastreb@mail.ru

About the author

Yastreb Natalia Andreevna

Ph.D. in Philosophy, Associate Professor
of Department of Philosophy

Vologda State University,
6, Orlov str., Vologda, 160035, Russia;
e-mail: nayastreb@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ястреб Н.А. Нанотехнологии и нанонаука: эпистемологический анализ // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2015. Вып. 4(24). С. 50–56.

Please cite this article in English as:

Yastreb N.A. Nanotechnology and nanoscience: epistemological approach // Perm University Herald. Series «Philosophy. Psychology. Sociology». 2015. Iss. 4(24). P. 50–56.