

much as the United States. The accumulative installed capacity is 934 GW, up 17.5 % year on year. In 2020, China will add 138 gigawatts of renewable energy capacity, more than the rest of the world combined.

The impact of wind power generation on the power grid. Although wind and solar energy are promising, one big problem remains. That is, these two kinds of power generation energy fluctuations are relatively large. Photovoltaic technology is the effect of the photoelectric effect on a semiconductor material, such as silicon, where light energy is converted into electricity. Well, you can generate electricity during the day, but not at night, and the electricity generated on sunny days is not the same as that generated on cloudy days. And electrical appliances need a steady source of power to work. At present, I am working in thermal power, which can balance the fluctuation of photoelectric power. But industry experts point out that China's grid currently suffers up to 15 percent of erratic generation. Any more will affect social production and people's lives.

By September 2021, photovoltaic installed machine scale is 278 million kilowatts, and according to the national plan, by 2030, wind installed capacity to reach more than 1.2 billion kilowatts. Therefore, the problem of power supply stability urgently needs to be solved. The solution is to add energy storage. It is used to store the electricity generated by photovoltaic power stations and then release it steadily.

The existing technology means, that is, electrochemical storage. It has inherent problems, such as a short storage time and a quick release of power in extreme cold. Raw material resources are limited. According to world Bank estimates in 2020, production of battery raw materials, such as lithium, will have to increase by 500 % by 2050 to meet demand. But given the world's proven reserves of recoverable lithium, that amount is simply not there.

Will be in sight in 2021. Such as electromagnetic energy storage, flywheel energy storage, compressed air energy storage, supercapacitor technology, and discussion of the hottest hydrogen storage and so on. Electromagnetic energy storage and ultracapacitors are at the very beginning of the laboratory stage; Flywheel energy storage, compressed air, and liquid flow batteries are progressing slightly faster, but only in the actual testing stage. Hydrogen storage is high on the list, but it's not at the commercial stage, somewhere between actual testing and commercialization.

From the discussion in 2021, the most likely to become the main energy storage is pumped storage. Pumped storage energy is a high conversion rate, with 1 degree of electricity pumped up the water, can release about 0.8 degrees of electricity; Second, if large-scale application, the construction cost can be diluted and eventually allocated to the energy storage cost per KWH, about only a little over 20 cents, which is $\frac{1}{3}$ or even $\frac{1}{4}$ of the cost of energy storage with lithium batteries.

According to the 2030 Carbon Peak Action Plan released by The State Council of China, the country aims to more than triple the installed capacity of pumped storage power stations to about 120 million kilowatts by 2030.

Summary. China is under a lot of pressure to cut carbon emissions. At the same time, through technological and industrial accumulation, China has a certain strength in hydropower, wind power and solar power generation. In the future, it will focus on wind power and solar power generation. But the construction of wind and solar power still faces big technical problems that need to be solved quickly.

REFERENCES

1. *Pan Jiahua*, Development paradigm transformation and overall coordination of carbon neutrality revolution. J. China Journal of Literature, 2022 (1): 19-33.
2. *Wang Qi*, Research on global Wind Power Technology Innovation frontier in the Context of Carbon Neutrality, China Energy, 2021 (8): 69-76.

НАНОЧАСТИЦЫ С БОЛЬШИМ БУДУЩИМ NANOPARTICLES WITH A GREAT FUTURE

С. И. Пекарская^{1,2}, Е. Е. Тарасова^{1,2}
S. I. Pekarskaya^{1,2}, E. E. Tarasova^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kbb@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

Представлены основные понятия и термины довольно актуальной на сегодняшний день сферы – нанотехнологии. Во всем мире нанотехнологии являются одной из основных тем для изучения и развития науки XXI века.

Нанотехнология – это комплекс научных дисциплин, связанных с манипулированием над веществами на атомном и молекулярном уровнях, целью которых в первую очередь является создание наноструктур, устройств и материалов со специальными свойствами.

Данная сфера обладает такой заинтересованностью именно потому, что имеет возможность разностороннего применения и несёт в себе достаточно большой потенциал роста. К сожалению, на данный момент далеко не все свойства наномикроэлементов изучены в полной мере.

The basic concepts and terms of a rather relevant sphere today – nanotechnology - are presented. All over the world, nanotechnology is one of the main topics for the study and development of science of the XXI century.

Nanotechnology is a complex of scientific disciplines related to the manipulation of substances at the atomic and molecular levels, the purpose of which is primarily to create nanostructures, devices and materials with special properties.

This sphere has such an interest precisely because it has the possibility of versatile application and carries a fairly large growth potential. Unfortunately, at the moment, not all the properties of nanomicroelements have been fully studied.

Ключевые слова: нанотехнология, наночастицы, наноматериалы, свойства наночастиц, применение наночастиц.

Keywords: nanotechnology, nanoparticles, nanomaterials, properties of nanoparticles, application of nanoparticles.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-225-229>

На сегодняшний день изучение нанотехнологий занимает ключевое место в современной науке. Интенсивно проводятся исследования, направленные на получение и использование малоразмерных объектов – *наномикроэлементов*. На их основе изготавливаются различные материалы. Изучаются возможности их разностороннего применения в медицине, фармакологии, биотехнологии, химии и др.

Наномикроэлементы – это частицы, которые имеют размеры от 1 до 100 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Они привлекли огромное внимание благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая механическая прочность, устойчивость к химическим воздействиям, поверхностная активность, обусловленная особенностями их структуры. Всё перечисленное говорит о большой эффективности их действия. Можно смело сказать, что это «искусственные объекты», без которых уже невозможно представить развитие современной науки.

Независимо от способа получения, наномикроэлементы проявляют уникальные физические и химические свойства, которые определяются в большей степени свойствами индивидуальных молекул, чем массивного вещества того же состава[2].

Актуальность углубленного изучения данной темы заключается именно в том, что, несмотря на долгий опыт применения наночастиц, к сожалению, они не были исследованы в полном объёме, особенно в плане безопасности применения для здоровья и жизни человека, животных и микроорганизмов. С одной стороны, нанотехнологии уже нашли области применения, с другой – они до сих пор остаются для большинства человечества научной фантастикой. В будущем значение нанотехнологий будет только расти.

В настоящее время было показано, что вещество, если взять ничтожно маленькую его частицу, может иметь совершенно новые свойства. Частицы вещества, размеры которых находятся в диапазоне от 1 до 100 нанометров, обычно называют «наномикроэлементами»[1].

Согласно международной конвенции IUPAC, наномикроэлементы принято подразделять на два типа:

- Нанокластеры (нанокристаллы);
- Наномикроэлементы.

В первую группу входят частицы, представляющие собой аморфную или поликристаллическую наноструктуру. Данная структура содержит до 1000 атомов и имеет упорядоченное строение, её размер составляет порядка 1–5 нм.

Вторую группу составляют собственно наномикроэлементы. Линейные и пластинчатые частицы могут состоять из огромного числа атомов и иметь один или даже два линейных размера, которые переходят пороговое значение, но их свойства остаются характерными для вещества в нанокристаллическом состоянии. Если брать за основу различия в линейных размерах наномикроэлементов, то целесообразным будет их разделение на:

0-D наномикроэлементы – у данных частиц все 3 пространственных размера лежат в нанометровом диапазоне, то есть все 3 размера $< 100 \text{ нм}$. В микроскопическом смысле данный объем считается нульмерным и поэтому такие объекты называются квантовыми точками. Так же к этой группе относятся фуллерены, свободные и стабилизированные кластеры.

Квантовые точки - сверхмалые частицы, состоящие из сотен или тысяч атомов. Эти полупроводниковые кристаллы обладают уникальными физическими и химическими свойствами, не характерными для тех же веществ в макромасштабе. Квантовые точки используют в лазеростроении, оптоэлектронике, фотонике, сенсорики и др.

Фуллерены - частицы, сферические, полые внутри. Они образованы многогранниками атомов углерода, которые связаны между собой ковалентной связью. Число атомов углерода $n = 30-120$. В соответствии с теоремой Л. Эйлера, атомы углерода образуют 12 правильных пятиугольников и 20 правильных шестиугольников. Фуллерены подразделяются на два типа: более стабильные и менее стабильные. Границу между ними позволяет

провести правило изолированных пятиугольников. Наиболее стабильными являются те фуллерены, в которых пятиугольники не касаются друг друга, и каждый из них окружен пятью шестиугольниками. Если располагать фуллерены в порядке увеличения числа атомов углерода n , то C60 относится к более стабильным, а C70 – к менее [2].

1-D наномикроэлементы – объекты, относящиеся к этой группе имеют нанометровые размеры в двух измерениях, а в третьем – макроскопический размер. К ним относят гораздо большее разнообразие: нанопроволоки, наноленты, нановолокна, нанотрубки, органические макромолекулы, в т.ч. двойные спирали ДНК.

Углеродные нанотрубки - это полые, цилиндрической формы структуры, представляющие собой трубку диаметром около нанометра и длиной в несколько десятков микрон. Состоят из порядка одного миллиона атомов углерода. Углеродные нанотрубки характеризуются большим разнообразием форм. Они могут быть одностенными или многостенными, прямыми или спиральными, длинными или короткими и т. д. Различают также проводниковые и полупроводниковые нанотрубки. Геометрия этих наноконструкций определяет их отличительные физические и химические свойства и, следовательно, возможность существования принципиально новых материалов и технологий их производства. Нанотрубки необыкновенно прочны на растяжение и на изгиб. Под действием больших механических напряжений нанотрубки не рвутся, не ломаются, а просто перестраивается их структура.

2-D наномикроэлементы – объекты, имеющие нанометровый размер только в одном измерении, а в двух остальных этот размер будет являться макроскопическим. К таким объектам относят: тонкие приповерхностные слои однородного материала: плёнки, покрытия, мембраны, многослойные гетероструктуры, нанопластины. Именно 2-D наномикроэлементы позволяют создавать основу для разработки новой элементной базы радиоэлектроники.

3-D наномикроэлементы – к классу трехмерных наноструктур относятся как сами наночастицы и наночастицы в оболочке, так и нанокомпозиты и трехмерные самоорганизованные массивы нанообъектов. При этом сами композиты могут включать нуль-, одно- и двумерные объекты, то есть представлять собой массивы квантовых точек, нитей, многослойные пленки или слоистые соединения, а также различные комбинации этих типов наноструктур.

Далее будут рассмотрены свойства наномикроэлементов. Обычно определение наномикроэлементов связывают не с их размерами, а с появлением у них новых свойств, которые отличаются от свойств вещества в стандартном масштабе. Когда вещество переходит от макроразмеров к размерам на пару порядков больше молекулярных, то происходит резкое изменение его свойств. При увеличении поверхностной энергии происходит изменение поверхностного натяжения, температура плавления и температуры структурных переходов. При этом может измениться сама структура, электронные характеристики. То есть все физико-химические свойства становятся иными, чем у веществ в исходном состоянии. Именно поэтому критерием принадлежности частицы какого-либо вещества к классу наномикроэлементов правильнее будет считать сопоставление ее размера с корреляционным радиусом того или иного физического явления [1]. Примерами таких явлений считаются: длина свободного пробега электронов или же фононов, длина когерентности в сверхпроводнике, размеры магнитного домена [2].

Все частицы имеют в своём составе огромное количество мелких блоков. Данные блоки нельзя увидеть невооруженным глазом. Это их первый и наиболее важный плюс – миниатюризация. На одной единице их поверхности можно разместить больше количество функциональных наноприборов. Помимо этого, малый размер даёт наночастицам доступ к любым тканям и органам человеческого тела или же в устройства компьютеров и машин, в которые не способно проникнуть ничто другое.

Малые размеры наномикроэлементов приводят к многочисленному увеличению удельной поверхности материалов, которая ускоряет их взаимодействие между самими наночастицами, а также со средой в которой они находятся в данный момент времени. Также это способствует переносу самых разных веществ за счет того, что происходит увеличение адсорбционной емкости. Наряду с этим растёт химическая реакционная способность. На эти параметры прямо влияют также физико-химические свойства, включая форму, поверхностную структуру, полярность [4]. Именно поэтому растёт вероятность появления различных процессов внутри отдельных клеточных структур: органелл, биологических мембран т.д. Происходит проникновение, контакт с клеточным ядром и ДНК. Во многом цитотоксические свойства наномикроэлементов можно объяснить их способностью к агрегации внутри клеток.

Из-за увеличения площади поверхности, наночастицы обладают свойствами адсорбционной активности. Они выполняют свойства адсорбентов, которые способны поглощать достаточно большое количество адсорбируемых веществ. Данная способность делает эти частицы потенциально полезными для удаления вредных продуктов. Многие наночастицы обладают гидрофобными свойствами или же являются электрически заряженными, что в свою очередь усиливает процессы абсорбции на них различных химических агентов. Также усиливается их проникающая способность [4].

Также из положительных сторон имеется высокая способность к аккумуляции. Из-за своего малого размера наночастицы не распознаются защитными системами организма и не выводятся из него. Всё это ведёт к накоплению наночастиц в организме, тем самым увеличивая их поступление [2].

Наночастицы некоторых веществ имеют довольно-таки хорошие каталитические свойства. Другие же материалы проявляют отличные оптические свойства. Примером этого могут являться сверхтонкие плёнки, сделанные из органических материалов. Своё применение они нашли в производстве солнечных батарей. Хотя эти батареи и обладают низкой квантовой эффективностью, зато они более экономичны и могут быть механически гибкими [3]. Так же удаётся добиться взаимодействия искусственных наномикроэлементов с натуральными наноразмерными объектами (белками, нуклеиновых кислотами и т. д.).

Хорошо очищенные наночастицы имеют способность самовыстраиваться в определённые структуры. Такие структуры содержат строго упорядоченный наночастичный ряд и при этом часто проявляют уникальные свойства. Количество новых материалов достаточно большое. Они разнообразны и обладают следующими свойствами: высокой прочностью, сверхпроводимости, теплоизолирующей способностью, противомикробным действием, заданной проницаемостью.

По информации, имеющейся в международной базе данных, количество зарегистрированных наименований наноматериалов в настоящее время стремительно растёт, в их число входят углеродные нанотрубки, наночастицы серебра, идеи разработка лекарственных препаратов на основе данных частиц. Международные организации и правительства развитых стран проявляют огромный интерес к сфере развития нанотехнологий.

Существует достаточно большое количество методов получения наночастиц, которые позволяют контролировать их форму, размер и структуру. На сегодняшний день все методы подразделяют на две обширные группы:

- диспергационные (измельчение или распыление макроскопической фазы);
- конденсационные (химическая или физическая конденсация).

Так же данные методы можно разделить на три группы: *физические, химические и механохимические методы*.

Для *физических* методов характерно получение частиц диспергированием, или как по другому ещё называют это метод - *подход «сверху»*. К *химическому* же методу относится получение частиц укрупнением отдельных атомов, имеется так же другое название - *подход «снизу»*. Важным является то, что структура частиц одинакового размера, получаемых данным методом, может отличаться. При диспергировании до наночастиц сохраняется структура исходного материала, при агрегации - частицы могут иметь иное пространственное расположение [1].

Наконец хочется сказать о применении этих чудо частиц. Применение наномикроэлементов вошло во многие сферы деятельности человека. На их основе разрабатываются различные наноматериалы, которые, как говорилось выше, имеют уникальные характеристики. К таковым относятся углеродные нанотрубки, фуллерены, графен и т. д.

В сельскохозяйственной промышленности активно применяются препараты на основе наночастиц различных металлов. Данные препараты повышают устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям, снижают заболеваемость растений, ускоряют фотосинтез, значительно повышают урожайность как продовольственных, так и технических культур. Положительное влияние объясняется тем, что наночастицы, за счёт своего малого размера, имеют способность активного проникновения в клетки растений и имеют нейтральный статус.

Препараты, основу которых составляют наночастицы металлов, являются аналогами использования антибиотиков. В ветеринарии используют специальные кормовые добавки, в которые входят наноструктуры, жизненно необходимые для организма животных. Данные препараты способствуют угнетению бактериального размножения. Они позволяют довольно эффективно и с наименьшими затратами лечить многие заболевания у животных и получать большее количество продукции.

Помимо этого, наночастицы нашли своё применение в медицине и в химической промышленности. Наноразмерные лекарственные средства отличаются особыми физико-химическими, биологическими, фармакокинетическими параметрами. Эти свойства могут использоваться для обеспечения адресной доставки препаратов, увеличения их эффекта и снижения побочного действия. В составе создаваемых лекарственных средств наночастицы могут выполнять функции активных фармакологических ингредиентов, вспомогательных веществ и материалов для упаковки. Так же они обладают способностью проникать вглубь тканей, клетки и ядра. Именно поэтому наночастицы и материалы на их основе могут широко применяться в медицине [5]. Существенно расширившиеся возможности молекулярной диагностики и идентификации биомаркеров, исключительно уникальные для каждого пациента, создают предпосылки для совершенствования терапии и прицельной доставки лекарственных препаратов. При этом основными проблемами, с которыми приходится сталкиваться исследователям, являются определение концентрации наночастиц, их размера, структуры и равномерное распределение. При разработке и создании данных препаратов, вопрос токсичности и определение зон их биологического действия при введении в организм является важной и актуальной задачей.

Нанотехнологии также используются в компьютерах, микроэлектронике и робототехнике. Появляются центральные процессоры, жесткие диски, плазмоны. На основании этих изобретений, появился толчок к развитию новой области науки – наноплазмонике.

Таким образом, можно сделать следующие выводы о том, что управляя размерами и формами наноструктур, можно придавать веществам совершенно иные физические и химические качества, которые будут резко отличаться от характеристик полноразмерных материалов. Многие исследования показали важную роль наноструктур в различных областях науки. В связи с применением нанотехнологий становится актуальным изучение вопросов безопасности применения наночастиц и оценки их токсического влияния как на окружающую среду, так и на здоровье человека. Придавая материалам новые качества, нанотехнология могла бы обеспечить великий прогресс во всех существующих на данный день областях науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение антибактериальных свойств коллоидных растворов наночастиц серебра и меди / П. А. Красочко, Р. Б. Корочкин, А. В. Притыченко [и др.] // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – № 1. – С. 41 – 44. – ISSN 2413–2187.

2. Влияния наночастиц серебра и цинка на структурные особенности клеток / П. А. Красочко, А. В. Притыченко, Р. Б. Корочкин [и др.]. – Текст: непосредственный // *Advances in agricultural and biological sciences*. – 2018. – Т. 4, № 6. – С. 35–44. – ISSN 2397-6187.
3. Влияние наночастиц на окружающую среду и здоровье человека / А. Н. Янущик, Е. А. Старостина, А. М. Макарова [и др.]. – Текст: непосредственный // *Молодой ученый*. – 2018. – № 17 (203). – С. 126–128. – ISSN 2072-0297.
4. Банникова, Д.А. Влияние металлических и металлокомплексных наночастиц на бактериальные популяции / Д.А. Банникова, А.Б. Кононенко, А.В. Лобанов // *Химическая безопасность*. – 2017. – Т.1, – № 2. – С. 88 – 96.
5. Александрова, А.В. Размеры наночастиц и их фармакологическая активность / А.В. Александрова // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – №6. – С. 97 – 98.

ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

CAPABILITY OF DEFORMABLE REGISTRATION OF DIAGNOSTIC IMAGES DURING THE RADIATION THERAPY

А. В. Павинич^{1,2}, С. К. Семковский^{1,2}, В. Ф. Малишевский^{1,2}

A. Pavinich^{1,2}, S. Siamkouski^{1,2}, V. Malishevskiy^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kfm@iseu.by, lowerpie@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

В данной работе рассмотрены ситуации применения лучевой терапии в борьбе со злокачественными новообразованиями. Все большее проникновение цифровых технологий в области медицины позволяет решать сложнейшие задачи за короткий промежуток времени. Автоматизация процессов в такой области медицины как лучевая терапия, связанная с созданием атласов анатомических структур и шаблонов планов лучевой терапии, значительно сократили время начала проведения курса лучевой терапии с момента постановки диагноза и одновременно улучшили качество получаемой медицинской помощи. Стоит отметить, что данный этап развития информационных технологий в медицине является промежуточным при переходе к технологиям будущего, где повсеместно будут использованы возможности big data и искусственного интеллекта.

In this work, the situations of the use of radiation therapy in the fight against malignant neoplasms are considered. The increasing infiltration of digital technologies in the field of medicine makes it possible to solve the most complex tasks in a short period. Automatization of processes in such a field of medicine as radiation therapy, associated with the creation of atlases of anatomical structures and templates of radiation therapy plans, significantly reduced the start time of the course of radiation therapy from the moment of diagnosis and at the same time improved the quality of medical care received. It is worth noting that this stage of the development of information technologies in medicine is intermediate in the transition to future technologies, where the capabilities of big data and artificial intelligence will be used everywhere.

Ключевые слова: лучевая терапия, деформируемая регистрация, адаптивная лучевая терапия.

Keywords: radiation therapy, deformable registration, adaptive radiation therapy.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-229-232>

Лучевая терапия – один из самых эффективных способов борьбы с онкологическими заболеваниями населения не только в Республике Беларусь, но и во всем мире. Основным принципом применения лучевой терапии является облучение пораженного участка тела пациента с максимально равномерным дозовым распределением внутри данного объема, при одновременном выполнении условия о наличии максимально возможного градиента снижения дозового распределения за пределами объема облучения, тем самым защищая окружающие органы и ткани от чрезмерной дозовой нагрузки. Многочисленные исследования в области применения медицинского радиационного облучения показали отличные результаты в выздоровлении пациентов. Развитие науки и технологий