



МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОПЛЕНКИ. АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС

*А.Вохидов, Л.Добровольский, М.Мальков,
А.Мисюряев / avtostankoprom@mail.ru*

Множество публикаций пронизано обеспокоенностью о будущем планеты, имеющей, однако, шанс выстоять перед губительными вызовами: глобальное изменение климата, истощение природных ископаемых, возможность столкновения с астероидами, сокращение производства сельхозпродукции. В качестве варианта поддержки борьбы за существование сообщества многие специалисты рассматривают нанотехнологии.

Как следствие, эти технологии находят все больше сфер применения. Идеи, овладевая обществом, воплощаются на практике и вырастают в новую отрасль знаний и в мировоззренческую систему, основа которой – свойства наноразмерных объектов. Перспективно на основе этих свойств наномира строить эффективные материалы и технологии, формировать новые взаимоотношения с Природой. Сегодня при использовании взаимозависимости наноразмеров и свойств материалов утверждаются новые взаимоотношения, вокруг которых происходит технологическая гонка.

В агропромышленном комплексе (АПК) также расширяется круг вопросов, решаемых с помощью нанотехнологий. Об этом свидетельствует, в частности, экспоненциально растущее количество патентов, публикаций и диссертаций по нанопленкам, а также объемы заказов на продукцию АПК с использованием нанотехнологий и наноматериалов.

Уже возможно дробление материи на мельчайшие элементы и последующий ее синтез в новом сочетании, отличном от существующего в природе. Такие подходы активно внедряются при послеуборочной обработке подсолнечника, табака, картофеля, хранении в регулируемых средах овощей, яблок и груш. Взаимосвязь комплексного подхода в анализе и распознавании инновационных

MULTIPURPOSE NANOFILMS. AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

*A.Vokhidov, L.Dobrovolsky, M.Malkov,
A.Misyuryayev / avtostankoprom@mail.ru*

Many high level publications are penetrated with concern about the future of our planet, which, however, has a chance to withstand such pernicious challenges, as a global climate change, depletion of the natural mineral resources, risk of collision with an asteroid and decrease of agricultural production, which force the world community to look for ways to counter these threats. And, according to many experts, nanotechnologies are exactly one of the ways.

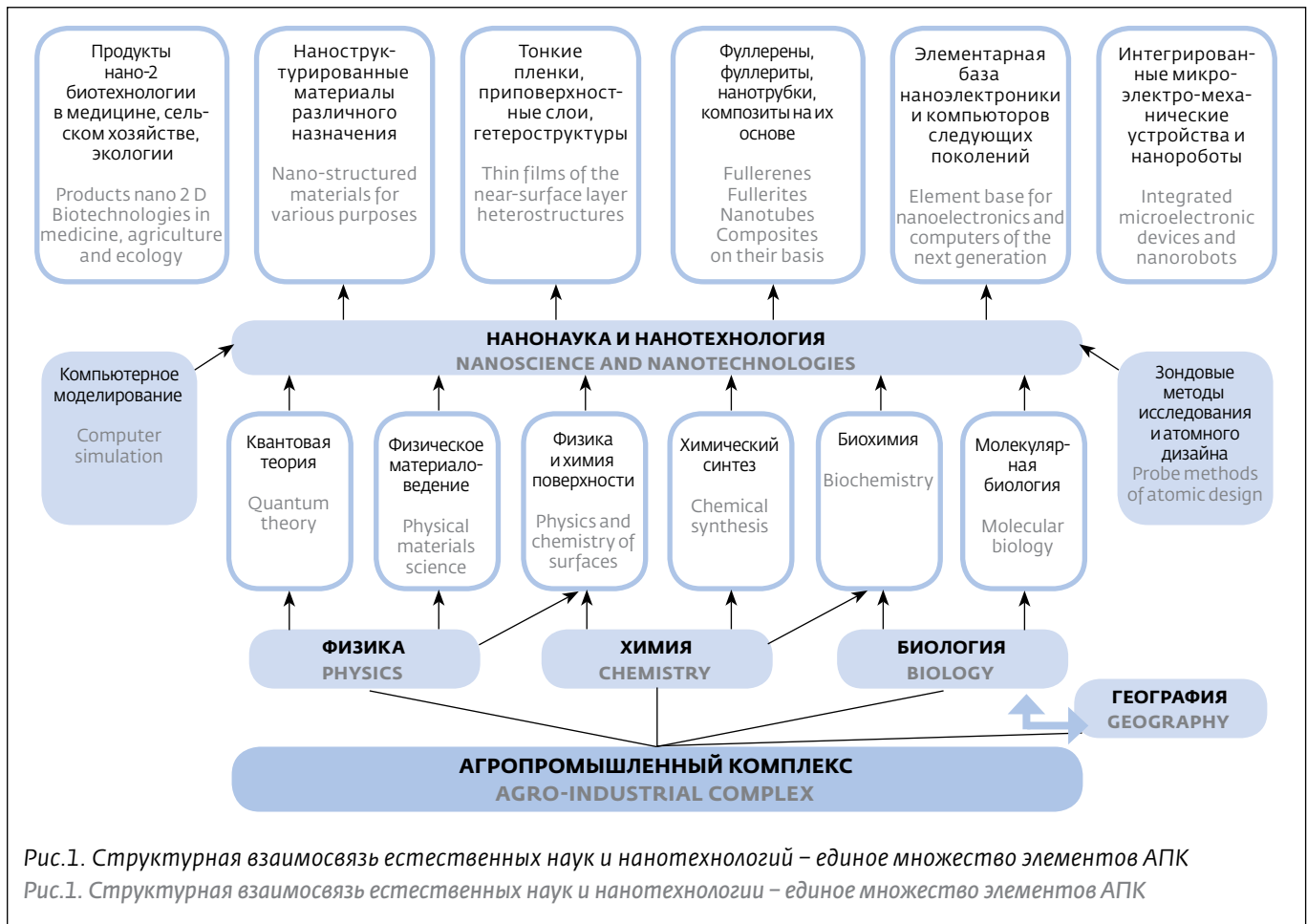
As a consequence, these technologies find more and more spheres of their practical application. The ideas, seizing the society, are being implemented in practice and transformed not only in a new branch of knowledge, but in a new world outlook, the basis of which is phenomenal properties of the nano-sized objects. Actually, it is a very promising idea to use the properties of the nanoworld objects as a basis for development of efficient materials and technologies, and also for building new mutual relations with the Nature. Today an interdependence of the nanosizes and properties of materials form a new core of mutual relations, around which a technological race is emerging.

A circle of the questions solved with the help of nanotechnologies is also constantly growing in the agro-industrial complex (AIC). In particular this is also proved by the volume of exponentially growing number of patents, publications and dissertations on nanofilms, and by the volume of concrete orders from different countries for AIC products using nanotechnologies and nanomaterials.

Today is feasible splitting of the matter into the tiniest elements and their subsequent synthesis into new combinations, different from the ones, already existing in nature. Such approaches are already being actively introduced in the after-harvest processing of the sunflowers, tobacco and potatoes, in storage of apples and pears in the controlled environments. Interconnection of the complex approach to the scientific-practical analysis and

* ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии (Москва).

* GNU GOSNITI of the Russian Agricultural Academy (Moscow).



разработок продиктована многообразием подсистем АПК. В блок-схеме (рис.1) приведена структура такого подхода к разработкам, применению и развитию потенциала АПК при внедрении инноваций и использовании разных механизмов.

Зависимость государств от уровня военно-промышленного комплекса (ВПК) побуждала их уделять серьезное внимание состоянию средств защиты и нападения. Инновации в материаловедении и в технологиях начинали свою жизнь, как правило, в ВПК, а затем уже переходили в гражданскую сферу, причем баланс с объемом потребительской продукции определялся конкретными доктринами.

Сейчас наряду с продовольственной безопасностью на передний план выдвигаются проблемы защиты от техногенных катастроф. Создание на базе нанотехнологий принципиально новых систем, в том числе на стыке органического и неорганического миров, меняет стереотипы мышления специалистов. Собирая научные и производственные силы в области нанотехнологий, международное сообщество, не отказываясь от основных приоритетов (энергетика, медицина, экология), овладевает

recognition of innovations is dictated by a great variety of AIC subsystems. The block-scheme presents the structure of such an approach to R&D, application and development of the AIC potential during introduction of varied innovations and mechanisms.

Dependence of states on the level of their military-industrial complex (MIC), encouraged them to give more attention to the means of their protection and attack. As a result, the innovations in the material science and technologies, as a rule, began their life in MIC, and only then were transferred to the civilian spheres, while the balance with the volume of the consumer productions was determined by concrete doctrines.

Alongside with the food security, the problems of protection against the technogenic catastrophes acquire priority importance. Development of nano-technology-based, essentially new, self-organizing and self-renewable systems, including the ones on the threshold of the organic and inorganic worlds, changes the thinking stereotypes of experts. While gathering scientific and industrial forces in the area of nanotechnologies, the international community does not reject the basic priorities (power engineering, medicine, ecology) and gains new knowledge



новыми знаниями об объектах, начиная от составных частей атомов до микрочастиц с неизвестными свойствами. Реализация любого нанопроекта отвечает интересам государств и их содружеств и требует высокого профессионализма исполнителей, существенной корректировки школьных и вузовских программ в свете новых открытий в связанных с нанотехнологиями дисциплинах [1 – 3].

Разработки в наноиндустрии вносят серьезные изменения и в сферу функциональных покрытий. Так, покрытие, наносимое на фонарь кабины пилота самолета, существенно повышая износостойкость изделия, снижает солнечный поток на 40%, радиацию – на 30%, электромагнитное излучение – в 250 раз. Схожие разработки находят применение в сельхозмашиностроении, создании новой зерноуборочной техники.

В мире разрабатываются различные многофункциональные нанопокрывания для аэрокосмической промышленности, адаптируемые для гражданских отраслей, где применяемые пленки обеспечивают бактерицидность, износ- и коррозионную стойкость изделий. Они противодействуют механическим повреждениям, препятствуя их развитию и откликаясь на физико-химическое воздействие, улучшая адгезию обычных защитных покрытий, повышающих долговечность конструкций.

Новые идеи в материаловедении, как правило, сначала воплощаются в исследовательских центрах оборонной направленности, а затем распространяются в гражданскую сферу, где важными становятся повышение надежности и безотказности узлов, обеспечивающих качество работы оборудования. Рабочие органы машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве приобретают свойства бактерицидности и длительного противодействия агрессивным средам, сохраняют способность работать в неблагоприятных условиях при их обработке многофункциональными композициями на основе фторсодержащих поверхностно-активных веществ (фторПАВ, эпилам) [4].

При эпиламинировании закрепление покрытия происходит в результате осаждения молекул фторПАВ и их хемосорбции, что позволяет получать неснимаемый слой пленки толщиной от 4 до 10 нм. В специализированных центрах изучаются характеристики покрытий, намечаются пути корректировки состава исходных веществ и способы их нанесения, уточняются требования к состоянию подложек, условиям окружающей среды. Если на поверхности стекла пленка эпилама хемосорбируется определенным образом, на поверхности металла она имеет иную форму (рис.2, 3), поскольку степень

of objects, beginning from the atom components up to the microparticles with hitherto unknown properties. Implementation of any nanoproject meets the interests of the states and their communities and demands high professionalism of experts-executives, essential updating of the high school and higher school curricular in the light of new discoveries in physics, chemistry and others fields, connected with nanotechnologies [2 – 4].

Nanoindustrial technologies introduce serious changes also in the sphere of the functional coatings. Thus, a coating put on a lantern of a plane, reduces sunlight by 40 %, radiation – by 30 %, electromagnetic radiations – 250 times, at that the wear resistance of a product is essentially raised. Similar technologies from other sectors find their application in agricultural machine-building, development of new combines and combine harvesters.

Various multipurpose nanocoatings are first developed in the world for the space industry and subsequently adapted for the civilian industries, where application of the films ensure wear- and corrosion resistance of products, prevent mechanical damages, interfering their development, responding to the physical-chemical influence, improving adhesion of the regular coatings and raising durability of various constructions.

As a rule, at first, new ideas in materials technology are embodied in the research centers of a defensive profile and only then are extended to the civilian sphere, where so important are such factors as an increase of reliability and non-failure operation – the components ensuring quality operation of equipment. The actuators of cars and equipment in agricultural productions acquire bactericidal properties and long resistance to the hostile environments, and remain operational in adverse conditions after their processing with multipurpose compositions based on fluorine-containing surface-active substances (fluorine-SAS, Epilam). [4].

During epilamination a coating is fixed as a result of sedimentation of the molecules of a fluorine-SAS and their chemisorption, which allows to obtain a non-removable film monolayer with thickness from 4 up to 10 nanometers. Special centers study characteristics of the coatings and determine the ways to improve the structure of the initial substances and methods of their application, and specify the requirements to the state of the substrates and conditions of the environment. If on a glass surface an epilam film is chemisorbed in a quite definite way, on a metal surface a film has a different form (Fig.2, 3). A degree of chemisorption depends on a surface state (roughness, cleanliness, temperature stability, porosity, etc).

AIC is interested in the nano-sized films giving new properties to various machine parts. Such nanofilms expand essentially the range of operating conditions of the important units of machines and equipment. The



хемосорбции зависит от таких параметров поверхности, как шероховатость, чистота, температуроустойчивость, пористость.

Для АПК значимы наноразмерные пленки на деталях, придающие им новые свойства. Эти пленки существенно расширяют диапазон условий эксплуатации ответственных узлов оборудования. Повышение температуроустойчивости поверхности усиливает износостойкость рабочих деталей, и сезонность работы сельхозтехники не влияет на циклическую работоспособность агрегатов. Защитные нанопленки уже широко используются различными предприятиями АПК и имеют потенциал для расширения применения [5]. Однако коммерциализация многих технологий требует широкого комплекса научно-технических и организационных мероприятий: привлечения инвестиций, юридического закрепления прав на интеллектуальную собственность, управления проектами, внедрения результатов, сопровождения интеллектуального продукта.

При переключении внимания человечества с макромира на нанобъекты возникает опасение – не окажутся ли тиражированные открытия в наномире губительными для человечества. Особые опасения возникают при производстве продуктов питания. В самом деле, предприятия АПК не имеют надежных данных о реальном эффекте продукции, созданной с применением нанотехнологий или наноматериалов. Эта тема обширна и неоднозначна. Она требует специальных серьезных исследований.

Практика показывает, что для создания нанопленок необходимо, как правило, энергоемкое и дорогостоящее оборудование (плазменное напыление, лазерное упрочнение, другие инновационные методы). По этой причине создание новых вариантов оборудования часто вступает в противоречие с критерием цена/качество и требованиями технологичности, экологичности, экономичности, а также ремонтпригодности. Разрешение таких противоречий – задача науки и производства.

Придание поверхностям уникальных свойств, включая создание сверхтонких покрытий, расширяет возможности конструкторов оборудования, приборов и комплексов машин для АПК [3], особенно для сельскохозяйственной техники, работающей в неблагоприятных условиях. Такие пленки:

- повышают долговечность, надежность и работоспособность различных устройств;
- препятствуют эрозии поверхности деталей в неблагоприятных климатических условиях;
- повышают прочность масляной пленки на трибоузлах механических, гидро- и пневмосистем;
- улучшают износостойкость сопряжений трения;

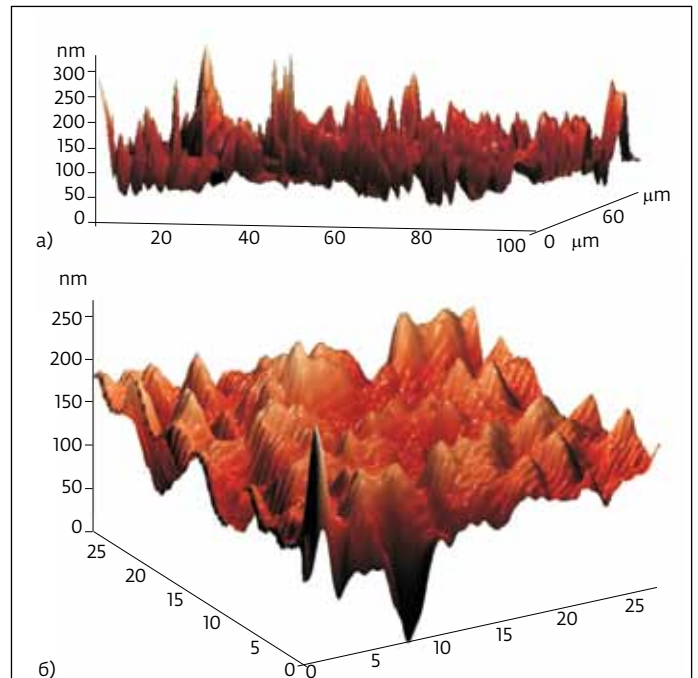


Рис.2. Профилграмма нанопленки на твердой поверхности, полученной нанесением эпилама: а) на стекле; б) на металле

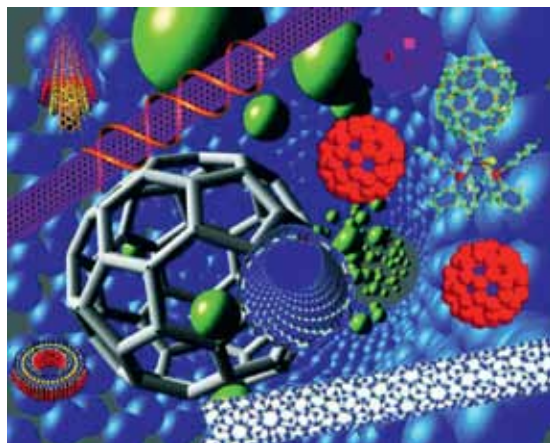
Fig.2. Profilogram of a nanofilm obtained by epilam application: a) Film on a glass surface; b) Film on a metal surface

temperature resistance of a firm surface strengthens the wear resistance of the working surfaces of parts, while a seasonal character of operation of the agricultural machinery does not influence the cyclic working capacity of the units.

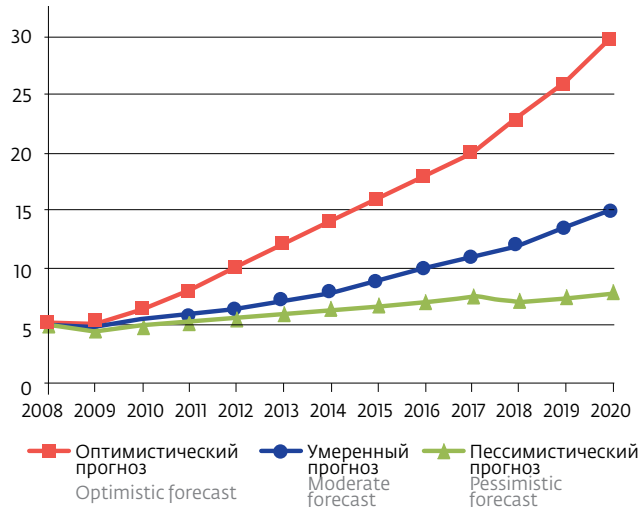
Protective nanofilms are already widely used by various enterprises of AIC and have a potential for expansion of the spheres of their application. However, commercialization of many technologies requires a wide range of scientific and technical, and organizational measures: attraction of investments, protection of legal rights to intellectual property, management of projects, introduction of results, and support of the intellectual products.

When mankind's attention is switched from a macrocosm to nano-objects, fears appear that the discoveries concerning the nanoworld, being disseminated, might be pernicious for the mankind. Special fears arise in respect of foodstuff productions. Actually, AIC enterprises have no reliable data concerning the real effects of the use of the products made with application of nanotechnologies or nanomaterials. This topic is big and varied, and demands special serious research.

Practice shows that production of nanofilms, as a rule, requires power-intensive and expensive



а)



б)

Рис. 3. Наноструктуры (а); прогноз РОСНАНО роста применения наноматериалов до 2020 года (б)

Fig.3. Nanostructures (a); ROSNANO forecast of the growth of application of nanomaterials in the period up to 2020 (b)

- препятствуют коррозии, отслаиванию покрытий, их окислению;
- обеспечивают стойкость к тепловым воздействиям, агрессивной атмосфере, загрязнению, пыли, микроорганизмам.

Например, комбинированная сушка зерна основана на том, что в нагретом зерне создается избыточное давление влаги при колебаниях температуры не ниже, чем при кипении воды. Вследствие этого ускоряется фильтрация влаги из зерна на поверхность в жидком состоянии или сохраняется уровень влажности во всех его сегментах. Именно для этих целей используются нанотехнологии.

Особая роль принадлежит покрытиям, используемым в технологиях с атомарной точностью (ТАТ) и в производствах с атомарной точностью (ПАТ), которые в ближайшие 15–20 лет будут играть стратегически важную роль. Все биологические ПАТ одновременно являются наносистемами (ПНАТ). С применением ПНАТ появляется возможность создания широкой номенклатуры изделий и устройств с высокими рабочими характеристиками.

Одно из приоритетных направлений исследований – изучение новых функций покрытий, получаемых, в частности, по нанотехнологиям. Контингент специалистов, как и количество методов нанесения покрытий, постоянно растет. Большинство нанопокровов демонстрирует способность снижать взаимодействие формируемой поверхности практически с любой средой, причем наличие у некоторых нанопленок поверхностной структуры Ленгмюра–Блоджетт позволяет

equipment (plasma spraying, laser hardening and other innovative methods). For this reason the necessity in new equipment often comes into conflict with the price/quality criterion and requirements of adaptability to manufacture, ecological compatibility, profitability, and also maintainability. The task of science and production is to resolve such conflicts.

The unique properties, including superthin coatings, provided to surfaces expand opportunities of the designers of the equipment, devices and complexes of mechanical engineering for AIC [3]. This is especially true for the agricultural machinery operating in adverse conditions. Such films:

- Improve durability, reliability and working capacity of various devices;
- Prevent erosion of the parts' surfaces in hostile climatic conditions;
- Raise durability of an oil film on tribo-units of mechanical, hydro- and pneumatic systems;
- Improve wear resistance of the friction interfaces;
- Prevent corrosion, lamination of coatings and their oxidation;
- Ensure resistance to thermal influences, aggressive atmosphere, pollution, dust and microorganisms.

For example, the technology of a combined drying of grain is based on the following principle: a superfluous pressure of moisture is created in heated grain with temperature fluctuations not below the temperature of boiling water. As a result the filtration of moisture from grain to the surface in a liquid state is accelerated or the humidity level is preserved in all the segments of grain. Exactly for these purposes nanotechnologies are used.



удерживать ими смазку трибоузлов, предотвращая сухое трение. Триботехнические испытания образцов с такими покрытиями проводятся на современных машинах трения. Например, в Наноцентре Всероссийского научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машино-тракторного парка (ГОСНИТИ) в качестве материала подложки трибопар использовались сталь, медь, дюраль, а в качестве смазки – разные композиции и трибосоставы.

Возрождение в России промышленного и сельскохозяйственного производства многими специалистами связывается с прорывами в областях теоретической и практической нанотехнологий. Рычагами в коммерциализации внедрения нанопленок мог бы стать ряд мероприятий, способных ускорить формирование отечественной наноиндустрии. В их числе:

- стимулирование применения наноматериалов и нанотехнологий государством посредством введения налоговых льгот и субсидий;
- формирование подобных Роснано и НОР структур, ответственных за создание наноиндустрии в стране;
- публикация данных о нанопроектах для малых и средних предприятий и о потенциальных инвесторах с периодическим выпуском каталогов;
- выделение в документообороте таможенного ведомства документов с грифом НАНО в отдельный поток;
- разработка порядка ускоренного оформления документов и пропуска таких товаров.

В целом проблемы безопасности России, в том числе продовольственной, побуждают отечественных ученых и практиков к более энергичному внедрению новых разработок в создание и совершенствование техники АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная служба государственной статистики. Приказ от 25 августа 2011 г. № 373 "Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью, осуществляемой в сфере науки и инноваций".
2. **Избиеннова Т.А.** Кадровый аутсорсинг ... – Трудовое право, 2011, №1, с.80–96.
3. Газета "Экономика и жизнь", 2012, 31.07.
4. www.epilam.ru
5. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии: учебное пособие / Под общ. ред. акад. Россельхозакадемии М.Н.Ерохина. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008.

A special role belongs to the coatings used in technologies with atomic precision (TAP) and in productions with atomic precision (PAP), which in the coming 15 – 20 years will play a strategically important role. All the biological PAP are simultaneously nanosystems (PNAP). Application of PNAP opens opportunities for development of a wide range of products and devices with unprecedented operating characteristics.

One of the priority directions of the research works is studying of the new functions of the coatings obtained, in particular, with the help of nanotechnologies. The number of specialists engaged in obtaining and studying of the new coatings as well as the number of the methods for making such coatings are constantly growing. Most nanocoatings demonstrate their ability to reduce interaction of a formed surface with practically any environment, at that, presence of Langmuir-Blodgett surface structure in certain films allows them to keep lubricants in tribo-units thus preventing a dry friction. Tribo-technical tests of samples with such coatings are done on modern friction machines. For example, Nanocenter of ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF REPAIR AND OPERATION OF MACHINE-TRACTOR PARK - GOSNITI used steel, copper and duralumin as an entire substrate material of tribo-pairs, and different compositions, including tribo-compositions, as lubricants.

Many experts believe that a revival of the industrial and agricultural productions in Russia depends on a breakthrough in the field of theoretical and practical nanotechnology. A number of measures, able to accelerate the formation of the domestic nanoindustry, could become the levers in commercialization of nanofilms. Among them are:

- Incentives for application of nanomaterials and nanotechnologies in the form of state tax privileges and subsidies,
- Formation of the structures similar to Rosnano and Nanotechnological Society of Russia responsible for establishment of nanoindustry in the country,
- Publication information on nanoprojects for small and medium enterprises and potential investors with periodic issuing of their catalogues,
- Separate processing of the NANO marked documents in the customs department,
- Working out of a procedure for an accelerated official registration of papers and clearing of such goods.

As a whole, the security problems in Russia, including, food security, encourage the domestic scientists and specialists to more actively develop, introduce and improve new technologies in AIC.