

УДК 378.016:620.3(049.32)

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

(Рецензия на учебное пособие: *Артюхов В. Г.* Нанотехнологии в биологии и медицине / *В. Г. Артюхов, М. А. Наквасина.* – Москва : КноРус, 2025. – 240 с. – (Специалитет и ординатура))

В. Н. Калаев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 6 февраля 2025 г.

Аннотация: *представлена рецензия на учебное пособие, посвященное исследованиям в области бионанотехнологии, направленным на создание наноструктур и наноматериалов для их биомедицинского применения.*

Ключевые слова: *бионанотехнология; наномедицина; наночастицы, наноматериалы.*

Abstract: *a review of a textbook devoted to research in the field of bionanotechnology aimed at creating nanostructures and nanomaterials for their biomedical applications is presented.*

Key words: *nanotechnology, nanomedicine, nanoparticles, nanomaterials.*

В издательстве «КноРус» (Москва) в 2025 г. вышло учебное пособие В. Г. Артюхова и М. А. Наквасиной «Нанотехнологии в биологии и медицине» [1].

Биотехнологии в настоящее время считают одним из важнейших факторов достижения устойчивого развития мира. Исследования в области биотехнологий в нашей стране обеспечат продовольственную и биологическую безопасность, достижение технологического лидерства в получении новых материалов и энергии, технологического суверенитета, сохранения здоровья населения. Биотехнологии включены в блок технологий сбережения здоровья нового проекта в соответствии с национальными целями России на период до 2030 г. Приоритетным в этом плане является развитие биомедицины и регенеративной медицины, биофармацевтики, иммунобиотехнологии, нанобиотехнологии, биодиагностики. Не менее важными представляются образование в области биотехнологии, подготовка высококвалифицированных кадров. В связи с этим в учебные планы биологических и медико-биологических факультетов вузов входят такие дисциплины, как «Введение в биотехнологию и биоинженерию», «Основы бионанотехнологии», «Нанотехнологии в биологии и медицине».

Профессиональная подготовка студентов медико-биологического факультета Воронежского государственного университета по направлению «Биология», специальностям «Медицинская биофизика» и «Медицинская кибернетика» предполагает изучение в течение одного семестра таких дисциплин, как «Введение в биотехнологию и биоинженерию», «Бионанотехнологии», «Нанотехнологии в биологии и медицине». Так, в рамках освоения дисциплины «Введение в биотехнологию и биоинженерию» в течение 16 недель студенты должны ознакомиться с основами общей и микробной биотехнологии, инженерной энзимологии, генетической и клеточной инженерии, бионанотехнологии. Изучение таких трудоемких и «насыщенных» учебных дисциплин осложняется отсутствием адаптированных учебников и учебных пособий, в которых в достаточно сжатой форме должно быть отражено основное содержание того или иного раздела биотехнологии. Качественная профессиональная подготовка студентов медицинских специальностей в настоящее время невозможна без приобретения знаний, умений и навыков в области бионанотехнологии и наномедицины как основы создания и внедрения в клиническую практику высокотехнологичных персонализированных методов и подходов лечения социально значимых патологий человека. В связи с этим своевременным представляется изда-

© Калаев В. Н., 2025

ние учебного пособия для вузов В. Г. Артюхова и М. А. Наквасиной «Нанотехнологии в биологии и медицине» (Москва : КноРус, 2025. 240 с.), ориентированного на обучающихся биомедицинского профиля. Оно разработано на базе кафедры биофизики и биотехнологии медико-биологического факультета Воронежского государственного университета, сотрудники которой имеют большой опыт подготовки студентов в области биотехнологии и ранее опубликовали целый ряд учебных пособий, охватывающих многие разделы этой дисциплины.

В рецензируемом издании изложены современные представления о нанотехнологиях, бионанотехнологиях, наномедицине и их основных перспективных направлениях. Исследования в области бионанотехнологии и наномедицины направлены на создание и использование управляемых искусственных биологических систем в биотехнологии, медицине, промышленности, экологии, сельском хозяйстве.

В главе 1 «Нанотехнологии и их основные направления» главное внимание уделено характеристике бионанотехнологии как междисциплинарной области естественных наук, изучающей принципы создания и механизмы функционирования биологических наноразмерных систем и исследующей воздействие наноматериалов и наноструктур на биологические объекты и процессы. Описаны основные направления наномедицины, связанные с разработкой методов диагностики, контроля, адресной доставки лекарств, восстановления и реконструкции систем организма человека с использованием наноструктур и наноматериалов.

В главе 2 «Наночастицы и наноматериалы для биомедицинского применения» представлены классификация, свойства и методы исследования наночастиц, на основе которых разрабатываются современные терапевтические и диагностические средства, в том числе multifunctionальные системы, включающие лекарственные вещества, средства визуализации очагов патологии и модули для направленной доставки препаратов в ткани и клетки-мишени. Рассматриваются пути поступления наночастиц в организм, механизмы их проникновения в клетки и возможного цитотоксического действия. Приведены примеры исследований, направленных на изучение влияния наночастиц на биосистемы различного уровня организации. Обсуждаются проблемы, возникающие при создании и медицинском применении нанотранспортных систем, связанные с необходимостью осуществления контроля биоактивности, биобезопасности и токсичности наночастиц.

В главах 3–5 дана подробная характеристика различных типов наночастиц: биологических (биогенных), синтетических полимерных, неорганических и углеродных, методов их получения, особенностей функционализации, свойств, преимуществ и недостатков, направлений биомедицинского применения.

Описаны различные типы липосом – везикул с внутренней полостью, ограниченных двуслойной липидной мембраной, предназначенных для активной доставки и внешнего «нацеливания» multifunctionальных терапевтических систем: иммунолипосом, pH-чувствительных, термочувствительных, светочувствительных липосом, эхолипосом, магнитоллипосом, освобождающих капсулированные лекарственные препараты в условиях изменения уровня pH, температуры, действия УФ- и видимого света, ультразвука, магнитного поля. Рассмотрены перспективы использования микрочастиц, продуцируемых клетками во внеклеточную среду, в качестве контейнеров для упаковки и направленной доставки терапевтических агентов.

Изложены вопросы, касающиеся особенностей и биомедицинского применения различных типов белковых наночастиц: вирусных и вирусоподобных, моноклональных антител и наноантител. Описаны направления использования моноклональных антител и их производных для диагностических и терапевтических целей, таргетной доставки multifunctionальных систем на основе наночастиц, предназначенных для тераностики.

Описаны перспективы биомедицинского применения нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), связанных с созданием аптамеров, вакцин, ферментов (рибозимов), антисмысловых олигонуклеотидов, сложных пространственных структур, нанороботов (подвижных молекул), элементов компьютеров, молекулярных автоматов для типирования клеток и малоинвазивной диагностики, «умных» лекарств – терапевтических средств, способных диагностировать определенную патологию после введения в организм и проявлять терапевтическую активность.

Описаны конъюгаты хитозана с биологически активными веществами, проявляющие виды активности – антибактериальную, противоопухолевую, антиоксидантную и противовоспалительную – и используемые для создания систем направленного транспорта лекарств в очаги патологии.

Охарактеризованы основные направления биомедицинского применения неорганических наночастиц: магнитных на основе оксидов железа для диагностики и терапии опухолей; золотых – для диагностики, лучевой терапии, химиотера-

пии, гипертермии, фотодинамической терапии опухолей; наночастиц серебра, оказывающих бактерицидное, фунгицидное, антивирусное действие, – для изготовления покрытий имплантируемых устройств, дезинфицирующих фильтров, хирургических инструментов, повязок. Рассмотрены перспективы применения квантовых точек – флуоресцирующих неорганических полупроводниковых наночастиц – для визуализации очагов патологии, клеток и отдельных молекул.

Изложены представления о свойствах углеродных наночастиц – фуллеренов и углеродных нанотрубок, на основе которых разрабатываются средства для рентгенодиагностики и магнитно-резонансной томографии, терапии опухолевых заболеваний, сенсоры, предназначенные для выполнения электрохимических биомедицинских исследований, каркасные материалы и биодеградируемые импланты при регенерации тканей в тканевой инженерии. На основе неорганических и углеродных наночастиц, а также биомолекул создаются нанозимы (искусственные ферменты или их имитаторы) – наноматериалы с ферментоподобными характеристиками и высокой стабильностью, перспективные для использования в диагностике и терапии.

В главе 6 обсуждаются вопросы, связанные с использованием наночастиц для разработки средств доставки генов, антисмысловых олигонуклеотидов и малых интерферирующих РНК в клетки-мишени при генной терапии. Проанализированы достоинства и недостатки вирусных векторов и невирусных нанотранспортных систем для доставки нуклеиновых кислот в клетки.

В главе 7 представлено применение бионанотехнологических подходов для медицинской диагностики *in vitro* и *in vivo*. Охарактеризованы принципы работы биосенсоров, их типы и направления практического использования. Описаны биологические микрочипы (биочипы), позволяющие проводить многопараметрический анализ микрообразца биоматериала, диагностировать социально значимые заболевания человека, выявлять особо опасные инфекции, генные и хромосомные мутации человека, исследовать структуру и функции белков, проводить оценку эффективности действия и токсичности лекарств. Рассмотрены вопросы, касающиеся перспектив применения биосенсоров нового поколения на основе наноматериалов с высокой адсорбционной емкостью и каталитической активностью; наночастиц золота, кремния, меди, графита, углеродных нанотрубок.

В главе 8 описано применение нанотехнологических разработок в тканевой инженерии и регенеративной медицине. Разработка новых методов

и технологий тканевой инженерии и регенеративной медицины невозможна без исследования механизмов функционирования ниш стволовых клеток, а также создания моделей их культивирования *in vitro*, максимально приближенных к условиям микроокружения клеток в ткани *in vivo*. В связи с этим для получения трехмерных клеточных культур разрабатывают специальные матрицы – трехмерные биомиметические каркасы, имитирующие пространственную организацию клеток. В качестве материалов для создания имплантируемых конструкций используют синтетические и природные полимерные соединения: полимолочную и полигликолевую кислоты, коллаген, желатин, фиброин, хитозан, альгинаты, гидрогели на основе белков, агарозы, гиалуроновой кислоты. Для управления процессами регенерации тканей используют наночастицы серебра, золота, платины, селена, тантала, меди, оксиды цинка, тантала, железа как потенциальные терапевтические агенты.

Учебное пособие включает также лабораторный практикум с работами разного уровня сложности, в ходе выполнения которых студенты осваивают методы получения и характеристики некоторых типов наночастиц (липосом, серебряных, магнитных и др.), исследуют структурно-функциональные модификации биомакромолекул и клеток после воздействия наночастиц. В конце пособия приведены контрольные вопросы и задания разного уровня сложности для самостоятельной работы студентов, в том числе ситуационные задачи. Разработанный авторами практикум и комплекс заданий способствуют глубокому осмыслению студентами теоретического материала, активизации их познавательной деятельности.

Еще одним преимуществом рецензируемого пособия является то, в нем содержится словарь терминов, необходимых для изучения основ бионанотехнологии. В конце пособия представлен список использованных источников, насчитывающий 116 работ.

Материал учебного пособия позволит студентам сформировать систематизированные представления о бионанотехнологии как современной междисциплинарной области естественных наук, ее достижениях, проблемах и перспективах развития. Можно уверенно утверждать, что использование данного пособия в образовательном процессе существенно повысит эффективность и уровень подготовки специалистов – биологов, медицинских биофизиков, медицинских кибернетиков, врачей-исследователей, планирующих свою будущую профессиональную деятельность на стыке нанотехнологических и биомедицинских направлений.

К достоинствам рецензируемого издания, помимо упомянутых выше, следует отнести также логичность и последовательность изложения учебного материала, его соответствие современному уровню развития бионанотехнологии и требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по перечисленным направлениям подготовки и специальностям, практикоориентированность, а также качественное оформление издания, содержащего тщательно выполненные иллюстрации.

Учебное пособие предназначено для использования студентами медико-биологического факультета, обучающимися по направлению 06.03.01 «Биология» при изучении дисциплины «Введение в биотехнологию и биинженерию», по специаль-

ности 30.05.02 «Медицинская биофизика» при изучении дисциплины «Бионанотехнологии», по специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика» при изучении дисциплины «Нанотехнологии в биологии и медицине». Кроме того, оно может быть полезным для студентов и аспирантов фармацевтических факультетов, студентов химических и физических факультетов университетов, специализация (профилизация) которых связана с нанотехнологическими исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюхов В. Г. Нанотехнологии в биологии и медицине / В. Г. Артюхов, М. А. Наквасина. – Москва : КНОРУС, 2025. – 240 с. – (Специалитет и ординатура).

*Воронежский государственный университет
Калаев В. Н. – доктор биологических наук,
профессор, заведующий кафедрой генетики,
цитологии и биоинженерии
E-mail: dr_huixs@mail.ru*

*Voronezh State University
Kalaev V. N. – Dr. Habil. in Biological Sciences,
Professor, Head of the Department of Genetics, Cy-
tology and Bioengineering
E-mail: dr_huixs@mail.ru*