

Конформационные изменения состояний кверцетина, сопровождающие комплексообразование, определялись по эффекту Оверхаузера. Они показали, что при облучении  $H_{[25]}$  или  $H_{[27]}$  раствора кверцетина интегральная интенсивность спектральной линии протона  $H_{[28]}$  возрастает примерно на 2,8 и 3,2 %, соответственно, с погрешностью 0,2 %. Подобное изменение интенсивности сигнала показывает сближение атомов водорода за счет вращения кольца С вокруг связи  $C_{[2]}-C_{[11]}$ . При введении в раствор лецитина образуется комплекс цикла С и холиновой группы ФХ, вызывающий торможение этого вращения. При этом в спектрах от протонов  $H_{[25]}$  и  $H_{[27]}$  возрастание интенсивности сигналов при облучении протона  $H_{[28]}$  и наоборот не наблюдается. Исчезновение влияния облучения  $H_{[25]}$  или  $H_{[27]}$  и наоборот в комплексе качественно подтверждают поворот кольца С относительно плоскости флавоноида вокруг связи  $C_{[2]}-C_{[11]}$ .

Как следует из того же эффекта, при облучении атома  $H_{[29]}$  интенсивность сигналов от ядер  $H_{[25]}$ ,  $H_{[27]}$  свободного кверцетина меняется приблизительно одинаково, хотя эти атомы расположены на расстояниях, отличающихся в 1,7 раза, что свидетельствует о достаточно быстром вращении кольца С вокруг связи  $C_{[2]}-C_{[11]}$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kahl.R., H.Sies*, Protective and Adverse Biological Actions of Phenolic Antioxidants (London, 1991), pp. 245-273.
2. *S.A. van Acker, D.J. van den Berg, M.N. Tromp, D.H. Griffioen, .W.P. van Bennekom, W.J. van der Vijgh, and A. Bast*, Free Radic. Biol. Med. 20(3), 331 (1996).
3. *C.A. Rice-Evans, N.J. Miller, and G. Paganga*, Free Radic. Biol. Med. 20, 933 (1996).
4. *R.T. Davies, I. Moodley*, Pharmacol. Then, 17(3), 279 (1982).
5. *Middleton E. Jr. And Kandaswami, C.* The Impact of Plant Flavonoids on Mammalian Biology: Implications for Immunity, Inflammation and Cancer (London, 1993), pp. 619-652.
6. *F.V. So, N.Guthrie, A.F. Chambers, M. Moussa, and K.K. Carroll*, Nutr. Cancer 26, 167 (1996).
7. *P.G. Pietta*, J. Nat. Prod. 63, 1035 (2000).
8. *Р.С. Насибуллин, Л.В. Спирихин, В.А. Пономарева*, Биофизика, 36(4), 594. 1991.
9. *Р.С. Насибуллин, Т.И. Никитина, Ю.Г. Афанасьева, Т.Р. Насибуллин, Л.В. Спирихин*, Хим.-фарм. Журнал. 36(9), 33. – 2002.
10. *M.P. Allen, D.J. Tidesley*, Computer simulation of loquids, (Clarendon Press, Oxford, 1987).
11. *R.M.C. Dawson*, Biochim, 88(3), 414(1993).
12. *E. Breitmaier, K.H. Spohn*, Tetrahedron, 29(8), 1145 (1973).
13. *R.S. Nasibullin, D.I. Kosareva, L.V. Spirichin*, Biophysics, 5, 761 (2002).
14. *А.В. Иогансен*, Водородная связь. – М., Наука, 1981.

УДК 622

**В.В. Поляков, И.Б. Старченко, Г.Ю. Джуплина**

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В БИМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Одним из приоритетов технологического развития лидирующих мировых держав в XXI веке является нанотехнология, которая открывает новые возможности для эффективного развития медицины.

Одной из важных составляющих приоритетных исследований в области нанотехнологии и нанонауки является развитие биомедицинского направления, включающего как создание новых лекарственных препаратов и устройств мониторинга, так и применение но-

вых микродиагностических средств, необходимых для своевременной диагностики переходных физиологических процессов и подбора адекватной терапии.

Основные направления исследований в наномедицине представлены на рис. 1.

Наноустройства, наночастицы и наноаналитическое оборудование будут задавать тон в диагностике и медицине будущего. Наномедицина исключит почти все распространенные заболевания двадцатого столетия, боль, увеличит срок жизни человека и расширит наши умственные возможности. Обзор возможностей нанотехнологий в области биоинженерии и медицины представлен ниже [1].

- Гематология и трансфузиология
  - Искусственная кровь
- Геронтология
  - Нанобактерии
  - Митохондриальные ДНК [2]
- Гигиена
  - Антибактериальные покрытия из наночастиц
  - Антибактериальные покрытия из нанотрубок



Рис. 1. Основные направления наномедицины и нанобиологии

- Диагностика [3]
  - Анализаторы влажности кожи
  - Анализаторы дыхания
  - Анализаторы SNP
  - Комфортное 3D-сканирование тела с высоким разрешением
  - Наночастицы и дендромеры в диагностике лучевой болезни
  - Квантовые точки для общей диагностики [3]
  - Адгезивные квантовые точки
  - Компактная видеолупа
  - MRI-диагностика
  - ДНК-диагностика

- Экспресс-анализаторы ДНК
- Звуковая диагностика микрообъектов
- Проводящие нанонити-импланты
- Микрожидкостные системы в диагностике
- Мобильные диагностические комплексы
- Исследование биообъектов с атомарным разрешением
- Системы непрерывного мониторинга
- "Умный" камуфляж с диагностическими функциями
- Доставка лекарств [3]
  - Микророботы
  - Наночастицы
  - Молекулярные комплексы
- Здоровый образ жизни
  - Функциональная одежда
    - Сенсоры функций организма
    - Предотвращение потливости
    - Выделение лекарств и парфюмерии
    - Отражение тепла
    - Бактерицидные свойства
  - Уход за кожей
    - Солнцезащитные кремы на основе наночастиц ZnO
    - Наночапулы в доставке витаминов
    - Измерение влажности кожи
    - Оптимизация структуры кожи
  - Функциональные подушки
- Имплантология и протезирование
  - Биочипы
  - Нейроимпланты
    - Импланты нервной ткани на основе нанотрубок
    - Нейрочипы
    - Искусственная сетчатка
  - Искусственная поджелудочная железа
  - Искусственный хрусталик
  - Искусственное стекловидное тело
  - Нанотрубки-импланты
  - Материалы для протезирования
    - Искусственные ткани
    - Искусственные мышцы
    - Сверхтвердые композиты для протезирования
    - Наноструктурированные поверхности
    - "Умные" материалы
    - Экзоскелеты и искусственные мускулы
    - Мониторинг состояния пациента
  - Кохлеарные импланты
  - Контролируемое или автоматическое введение лекарств
  - Бионические наносистемы
- Кардиология
  - 3D-картографирование сердечно-сосудистой системы
  - Компактные источники питания

- Косметология
  - Модернизация тканей и белков организма
  - Солнцезащитные кремы на основе наночастиц ZnO
  - Нанокapsулы в доставке витаминов
  - Измерение влажности кожи
  - Оптимизация структуры кожи
- Лечение ВИЧ/СПИД
  - Дендримеры
- Медицинские инструменты [3]
  - Микророботы для доставки лекарств
  - Кисть из нанотрубок для очистки артерий
  - Портативные цифровые микроскопы
  - Фрактальные инструменты
  - НЭМС- и МЭМС-маркеры и чипы
  - Микровидеокамеры
  - Микрозонды
- Медицинские материалы
  - Программируемые материалы
    - Твердо-мягкие
    - Прозрачно-поглощающие
    - Отражающе-рассеивающие
    - Электрические свойства
    - Самоорганизующиеся
  - Суперадсорберы
  - Мембраны для разделения газов
- Нейрохирургия
  - Импланты нервной ткани на основе нанотрубок
  - Нейрочипы
  - Нейропротезы
  - Искусственная сетчатка
  - Лазерные нанoinструменты
- Наномедицина
  - Моделирование медицинских нанороботов
  - Структура медицинского наноробота
  - Микрофагоциты: искусственные иммунные клетки
  - МЭМС-фагоциты
  - Нанороботы на основе бактериофага T4 [2]
  - Лечащие и дезинфицирующие наноматериалы
- Онкология
  - Наночастицы в радиотерапии и диагностике раковых опухолей
  - Наночастицы в диагностике онкологических заболеваний
  - Лечение рака груди
  - Нанокремний в брахитерапии онкологических заболеваний
  - Вирусы, убивающие раковые клетки
- Офтальмология
  - Искусственная сетчатка
  - Искусственный хрусталик
  - Искусственное стекловидное тело
  - Кохлеарные имплантанты

- Первая помощь
  - Компактные микроаптечки
  - Мобильные диагностические комплексы
  - Системы непрерывного мониторинга
  - "Умный" камуфляж с медицинскими функциями
- Перспективы бессмертия
  - Наноробототехника
  - Крионика
  - Технические носители сознания
- Ревматология
  - Лечебно-профилактические биндажи с наночастицами
- Стоматология
  - Нанокерамика для зубных протезов
- Фармацевтика
  - Быстрорастворимые витамины и препараты
  - Препараты, стабилизированные нанокапсулами
  - Наночастицы серебра как дезинфицирующий агент
  - Нанокремний для доставки лекарств
  - Вирусы для доставки лекарств
  - Фуллерены в качестве медикамента
  - Дендромеры в качестве медикамента
  - Наночастицы
  - Микрокапсулы в доставке лекарств
- Хирургия
  - Наночастицы и нанопокрyтия для хирургических инструментов
  - Лазерные нанoinструменты
  - Пластическая
  - Эндоскопическая
    - Фрактальный робот-хирург
    - Микророботы для малотравматичных операций
- Эндокринология
  - Искусственная поджелудочная железа
- Эпидемиология
  - Биосенсоры
  - Обнаружение бактерий в продуктах питания

Ключевым направлением интеграции медицинских и технических наук является синтез на базе междисциплинарных принципов научных знаний о работе организма как единой целостной системы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Свидиненко Ю.* Нанотехнологии в медицине. <http://old.nanonewsnet.ru>
2. *Biotechnology : lessons from nature / David S. Goodsell.* 2004 by Wiley-Liss, Inc., Hoboken, New Jersey.
3. *Biological Nanostructures and Applications of Nanostructures in Biology: Electrical, Mechanical, and Optical Properties.* / Edited by Michael A. Stroschio and Mitra Dutta. NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers. – 2004.