

16-Биофизика и медицинская физика

Афанасьева Дарья Андреевна, 1 год магистратуры
Санкт-Петербургский государственный Университет, физический
Взаимодействие молекулы ДНК с координационными соединениями рутения
Научный руководитель: Касьяненко Нина Анатольевна, к.ф.-м.н, доцент, Санкт-Петербургский гос. университет, физический факультет
Адрес: С-Петербург, 198504, Стаый Петергоф, Ульяновская ул, 1. НИИ Физики, кафедра молекулярной биофизики, Афанасьевой Д.А.
Телефон: (812)937-84-35
E-Mail: ada603@mail.ru стр. 782

Белецкая Виктория Валерьевна, магистр
Санкт Петербургский Государственный Университет, физический
Взаимодействие ДНК с аналогом противоопухолевого антибиотика актиномицина D, содержащим (бензо-15-краун-5) -группировк, в присутствии различных ионов металла.
Научный руководитель: Морошкина Евгения Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет
Адрес: 198550 Санкт-Петербург, Петродворец, Никольская ул., д.10, кв. 42
Телефон: (812)428-43-88
E-Mail: evmorosh@mail.ru стр. 783

Белогурова Надежда Валентиновна, 3 курс
Красноярский Государственный Университет, химический
Изучение процессов переноса энергии в биолюминесцентной реакции обелина
Научный руководитель: Кудряшева Надежда Степановна, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Институт биофизики СО РАН
Адрес: Красноярск, Свободный ,79
Телефон: (3912)49-42-42
E-Mail: lucifer@ibp.ru стр. 785

Бердников Сергей Вадимович, магистр
Санкт-Петербургский Государственный Университет, физический
Исследование взаимодействия ДНК с краун-содержащими производными ксантона.
Научный руководитель: Морошкина Евгения Борисовна, Кандидат физ.-мат. наук, доцент, Физ. факультет СПбГУ
Адрес: 197349 С-Петербург ул.Королева д.26 кв.217
Телефон: (812) 428-43-88
E-Mail: berdnik@mail.wplus.net стр. 787

Борисова Алиса Александровна, 4 курс
Красноярский Государственный Университет, физический
Изменение физико-химических свойств мембран эритроцитов в условиях развития канцерогенеза
Научный руководитель: Замай Татьяна Николаевна, Немцева Елена Владимировна, к.б.н., к.ф.-м.н., доцент, инженер, Красноярский Государственный Университет
Адрес: 660036, Красноярск, Академгородок, 25-165
E-Mail: Zamay@akadem.ru стр. 789

Вассель Сергей Сергеевич, аспирант
Ростовский Государственный Университет, НИИ Неирокибирнетики
Ультраструктура одиночного механорецепторного нейрона при кратковременном фотодинамическом воздействии
Научный руководитель: Федоренко Григорий Мефодьевич, доктор биологических наук
Адрес: ул. Ленина. 66-а, кв 68, г Ростов-на-Дону, 344038
E-Mail: sergej_vassel@mail.ru стр. 791

Галайда Яна Валериевна, аспирант
Красноярский Государственный Университет, физический
Влияние интродукции хищника на интенсивность биотического круговорота в системах с разным типом регуляции и степенью замкнутости
Научный руководитель: Печуркин Николай Савельевич, доктор биологических наук, профессор, сотрудник кафедры, КГУ
Адрес: г. Красноярск, пр. Свободный, 79, КГУ
E-Mail: sq_mouse@mail.ru стр. 793

Егоров Евгений Валерьевич, аспирант
Лаборатория пульсовой диагностики ОФП БНЦ СО РАН,
Применение универсального последовательного интерфейса USB в пульсодиагностическом комплексе
Научный руководитель: Бороноев Виталий Васильевич, Доктор технических наук, Заведующий лабораторией ПД ОФП БНЦ СО РАН, Лаборатория пульсовой диагностики ОФП БНЦ СО РАН
Адрес: 670042 г. Улан-Удэ ул. Сахьяновой 6-313
Телефон: (3012)43-46-94
E-Mail: lrbp@ofpsrv.bsc.buryatia.ru стр. 795

Еремеев Артем Валерьевич, инженер-технолог
Горно-химический комбинат,
Производство расходных медицинских материалов, изотопной продукции и внедрение радиационных технологий на горно-химическом комбинате
Научный руководитель: Еремеев Артем Валерьевич, кандидат биологических наук, инженер-технолог, ФГУП `Горно-химический комбинат`
Адрес: Железногорск, ул. Октябрьская, 31, Радиационно-технологический центр.
Телефон: (39197) 5-12-76
E-Mail: art-eremeev@yandex.ru стр. 797

Зайчикова Юлия Владимировна, 6 курс
Санкт-Петербургский Государственный Университет, физический
Исследование гидродинамических параметров молекулы ДНК, гамма-облученной в присутствии этанола в растворе большой ионной силы
Научный руководитель: Пастон С.В., Зырянова И.М., к.ф.-м.н., ,
Адрес: 198330, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Захарова д. 33 корп. 1 кв. 108.
E-Mail: zaychikova@mail.ru стр. 799

Зими́на Анна Юрьевна, аспирант
Лаборатория пульсовой диагностики Отдела физических проблем Бурятского Научного Центра СО РАН,
Исследование изменений спектральных характеристик пульса человека при воздействии света разной длины волны
Научный руководитель: Бороноев Виталий Васильевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией, Лаборатория пульсовой диагностики ОФП БНЦ СО РАН
Адрес: 670042 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой 6 ОФП ЛПД
Телефон: (3012)43-46-94
E-Mail: lrbp@ofpsrv.bsc.buryatia.ru стр. 800

Кадышева Светлана Сергеевна, 1 курс аспирантуры
Алтайский Государственный Медицинский Университет, Фармацевтический
Измерение поверхностных свойств биологических жидкостей
Научный руководитель: Волков Валерий Иванович, доктор технических наук, заведующий кафедрой медбиофизики, профессор, Алтайский государственный медицинский университет, фармацевтический факультет, кафедра медицинской и биологической физики
Адрес: 656038 г. Барнаул, пр. Ленина 40, кафедра медбиофизики, каб.324
Телефон: (3852) 22-09-40
E-Mail: kadysheva.574@phys.dcn-asu.ru стр. 802

Кириллова Тамара Николаевна, 4 курс

Красноярский Государственный Университет, физический
Исследование действия флуоресцентных соединений на биолюминесцентную реакцию светляков
Научный руководитель: Немцева Елена Владимировна, кандидат физико-математических наук, инженер,
КрасГУ, физический факультет, кафедра Биофизики
Адрес: 660041, Красноярск, Свободный 79, кафедра Биофизики
Телефон: (3912)44-08-41
E-Mail: nev@lan.krasu.ru стр. 804

Ковпак Елена Александровна, 1 курс аспирантуры
Алтайский Государственный Медицинский Университет, Фармацевтический
Проблемы медицинской физики в валеологии
Научный руководитель: Волков Валерий Иванович, доктор технических наук, Заведующий кафедрой
медбиофизики, профессор, Алтайский государственный медицинский университет, фармацевтический
факультет, кафедра медицинской и биологической физики
Адрес: 656038 г. Барнаул, пр.Ленина 40, кафедра медбиофизики, каб 324
Телефон: (3852) 22-09-40
E-Mail: kadysheva.574@phys.dcn-asu.ru стр. 806

Котов Дмитрий Алексеевич, 5 курс
Красноярский Государственный Университет, биологический
Люминесцентная система бактерий: регуляция и представление в базе данных светящихся организмов BIOLUMBASE
Научный руководитель: Медведева Светлана Евгеньевна, канд. биол.наук, снс, Институт биофизики СО
РАН
Адрес: 660036 Красноярск, Институт биофизики, лаб.бактериальной биолюминесценции
E-Mail: ccibso@ibp.ru стр. 808

Кравцова Антонина Николаевна, аспирант
Ростовский Государственный Университет, физический
Исследование электронной структуры гемоглобина на основе анализа рентгеновских L эмиссионных полос железа
Научный руководитель: Солдатов Александр Владимирович, Доктор ф.-м. наук, Профессор, Ростовский
Государственный Университет
Адрес: 346780, г.Азов, Ростовской обл., ул. Инзенская, д.9а, кв.36
Телефон: (8632)22-08-70
E-Mail: kravtsova@phys.rsu.ru стр. 810

Красавина Зоя Витальевна, 5 курс
Сыктывкарский Государственный Университет, физический
Моделирование ионных токов мембраны клетки водителя ритма сердца
Научный руководитель: Котов Л.Н., Головкин В.А., Д.Ф.-М.Н., Д.Б.Н., "профессор;0,1 профессор",
СыктГУ, Коми НЦ УрО РАН
Адрес: РК г. Сыктывкар, Ул. Печорская, д.2, кв 1, 167021
E-Mail: shutrik@mail.ru стр. 811

Краснов Илья Леонидович, 5 курс
Санкт Петербургский Государственный Университет, физический
Структура водных растворов комплексов поливинилпирролидона и фуллерена.
Научный руководитель: Кленин Станислав Иосифович, кандидат физико-математических наук, ведущий
научный сотрудник, Институт высокомолекулярных соединений г.Санкт-Петербургского
государственного университета
Адрес: 198504 г.Санкт-Петербург, Петродворец ул. Ботаническая 64-2 к.191
E-Mail: kross_by@rambler.ru стр. 813

Кудряшев Михаил Александрович, 3 курс
Красноярский Государственный Университет, физический
Энтропийные методы классификации аминокислот в белках
Научный руководитель: Горбань Александр Николаевич, доктор физ-мат наук, зам. директора, Институт
Вычислительного Моделирования СО РАН

Адрес: 660036 Красноярск, Академгородок 18-92
Телефон: (3912) 59-36-26
E-Mail: m_kudr@hotmail.ru стр. 814

Кузнецов Александр Алексеевич, 5 курс
Красноярский Государственный Университет, физический
О сертификации фармацевтического препарата физическими методами на примере стрептомицина
Научный руководитель: Фалалеев Олег Владимирович, к.ф.-м.н., с.н.с., ИФ СОРАН
Адрес: 660036 Красноярск, Институт физики СО РАН
Телефон: (3912) 49-45-85
E-Mail: rsa@iph.krasn.ru стр. 816

Куликов Олег Николаевич, инженер
Кубанский Государственный Университет, физико-технический
Прибор 'Туннелистор' и его биологический аналог - химический синапс
Адрес: 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-Mail: oleg_kulikov@pochtamt.ru стр. 818

Куликова Наталья Николаевна, аспирант
Кубанский Государственный Университет, физико-технический
Исследование физико-химических свойств органических полупроводящих жидкостей
Научный руководитель: Барышев Михаил Геннадьевич, к. ф.-м. н., доцент, Кубанский государственный университет, кафедра Физики полупроводников
Адрес: 350063, г.Краснодар, пер.Подгорный, д.8, кв.1
E-Mail: kulikova_nata@hotmail.ru стр. 819

Лаврова Ольга Викторовна, магистр
Новосибирский Государственный Технический Университет, Летательных аппаратов (ФЛА)
Численное моделирование и исследование гемодинамических параметров в кровеносной системы
Научный руководитель: Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, уч. секр. кафедры ТТФ, кафедра ТТФ НГТУ
Адрес: 630092, г. Новосибирск, ул. Блюхера 30/1
Телефон: (3832) 46-06-42
E-Mail: tff@craft.nstu.ru стр. 821

Леонтьева Елена Владимировна, 4 курс
Удмуртский Государственный Университет, физический
Исследование зависимости ОВП контактно активированного физиологического раствора от режимов активации
Научный руководитель: Широнос Валентин Георгиевич, к. ф.- м. н., Директор УНЦ 'Резонансные Технологии', Удмуртский Государственный Университет
Адрес: 426054, Ижевск, ул. Школьная, д. 58, кв. 4
Телефон: (3412) 58-66-05
E-Mail: LeontyevaL@udm.ru стр. 823

Максименко Екатерина Васильевна, 5 курс
Ставропольский Государственный Университет, физико-математический
Нервный импульс как локальный электрический процесс
Научный руководитель: Каплан Лев Григорьевич, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики, Ставропольский государственный университет
Адрес: 355000 г. Ставрополь, ул. Доваторцев, 63/2, кв.34
Телефон: (8652)22-38-62
E-Mail: katimax@yandex.ru стр. 825
Мамонова Марина Александровна, 5 курс
Красноярский Государственный Университет, физический
Использование информационных графов в исследовании биологической структуры генетических текстов и описании статистических закономерностей.

Научный руководитель: Садовский Михаил Георгиевич, к.ф.-м.н.,
Адрес: 660125 Красноярск 9 Мая 14-1
Телефон: (3912)66-55-07
E-Mail: mo_2002@mail.ru стр. 827

Марченко Ирина Юрьевна, аспирант
Красноярский Государственный Университет, физический
Оценка интенсивности обмена внутриглазной жидкости и факторов, контролирующих выведение жидкости из стекловидного тела глаз экспериментальных животных
Научный руководитель: Сычев Г.М., к.м.н., доцент кафедры глазных болезней, Красноярская государственная медицинская академия
Адрес: 660041г. Красноярск пр. Свободный д. 81к. 909
Телефон: (3912)44-08-41
E-Mail: marchenko@lan.krasu.ru стр. 829

Марченко Ирина Юрьевна, аспирант
Красноярский Государственный Университет, физический
Определение зоны оттока внутриглазной жидкости из структур глаза экспериментальных животных
Научный руководитель: Сычев Георгий Михайлович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры глазных болезней, Красноярская Государственная Медицинская Академия
Адрес: 660041 г.Красноярск пр. Свободный 81-909
Телефон: (3912)44-08-41
E-Mail: marchenko@lan.krasu.ru стр. 831

Матафонов Артем Михайлович, 5 курс
Алтайский Государственный Университет, физико-технический
Ослабление лазерного излучения при его распространении в мягких биотканях
Научный руководитель: Букатый Владимир Иванович, доктор физ.-мат. наук, заведующий кафедрой, Алтайский государственный университет, кафедра Общей физики
Адрес: 656099, г. Барнаул. пр. Ленина, 61
E-Mail: martiom@mail.ru стр. 833

Никифорова Мария Александровна, 5 курс
Красноярский Государственный Университет, физический
Изучение влияния условий иммобилизации на выход активности ферментов и субстратов биферментной системы светящихся бактерий
Научный руководитель: Есимбекова Елена Николаевна, к.б.н., н.с., Институт биофизики СО РАН
Адрес: 660036 г. Красноярск а/я 8759
E-Mail: nikiforova_m@mail.ru стр. 834

Номоконова Ксения Геннадьевна, 4 курс
Новосибирский Государственный Технический Университет, Летательных аппаратов (ФЛА)
Численное моделирование и исследование воздействия невесомости на работу кровеносной системы
Научный руководитель: Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, уч. секр. кафедры ТТФ, кафедра ТТФ НГТУ
Адрес: 630075, г. Новосибирск, ул. Б.Хмельницкого 20/1, кв. 27
E-Mail: tff@craft.nstu.ru стр. 837

Пелипенко Олег Николаевич, аспирант
Кубанский Государственный Университет, физико-технический
Моделирование тепловыделения системы кровеносных сосудов
Научный руководитель: Богатов Николай Маркович, Доктор физ.-мат. наук, Профессор, Зав. каф. Общей физики и информационных систем ФТФ КубГУ
Адрес: 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, д. 149
E-Mail: opel71@yandex.ru стр. 839

Переверзев Михаил Олегович, аспирант 3 года

Научно-исследовательский институт Физико-химической биологии им.Белозерского, МГУ
им.М.В.Ломоносова, физический

Кинетические параметры реакции окисления цитохрома с перекисью водорода, катализируемой пероксидазой хрена.

Научный руководитель: Скулачев Владимир Петрович, академик, директор НИИ ФХБ им.

А.Н.Белозерского, НИИ ФХБ им. А.Н.Белозерского

Адрес: 119899, Москва, ГСП-2, Ленинские горы, Научно-исследовательский институт Физико-химической биологии им.Белозерского, МГУ

E-Mail: p_mikhail@mail.ru стр. 841

Пирязева Елена Альбертовна, аспирант

Владимирский Государственный Университет, радиофизики, электроники и медицинской техники

Электронимпульсная стимуляция для лечения функциональной кишечной непроходимости

Научный руководитель: Сушкова Людмила Тихоновна, д.т.н., профессор, Владимирский

Государственный Университет

Адрес: 600022, г.Владимир, ул. Верхняя Дуброва, 21-76

E-Mail: helen_dav@nm.ru стр. 841

Прохорова Елена Владимировна, 3 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Изучение влияния восстановителей на биоломинесцентную биферментную систему сопряженных реакций

Научный руководитель: Кудряшева Надежда Степановна и Ветрова Елена Владимировна, , ,

Адрес: 660075г.Красноярск ул.Маерчака45-12

E-Mail: leen@online.ru стр. 843

Сафатова Марина Сергеевна, 4 курс

Новосибирский Государственный Технический Университет, Летательных аппаратов (ФЛА)

Численное моделирование и исследование воздействия гипотермии на работу системы терморегуляции

Научный руководитель: Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, уч. секр. кафедры ТТФ, кафедра ТТФ НГТУ

Адрес: 630092, г. Новосибирск, ул. Блюхера 30/1

Телефон: (3832) 46-06-42

E-Mail: tff@craft.nstu.ru стр. 846

Сурков Евгений Викторович, 4 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Электронные спектры красителя в присутствии хитозана, коллагена

Научный руководитель: Сизых Арнольд Гаевич, Кандидат физ.-мат. наук, Профессор, Красноярский Государственный Университет

Адрес: Красноярск, проспект Свободный 79

E-Mail: surkov26@yandex.ru стр. 848

Толстошеева Валентина Владимировна, 4 курс

Новосибирский Государственный Технический Университет, Летательных аппаратов (ФЛА)

Численное моделирование и исследование гемодинамических параметров системы терморегуляции

Научный руководитель: Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, уч. секр. кафедры ТТФ, кафедра ТТФ НГТУ

Адрес: 630092, г. Новосибирск, ул. Блюхера 30/1

E-Mail: tff@craft.nstu.ru стр. 850

Торгашина Ирина Геннадьевна, 4 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Исследование чувствительности иммобилизованной биферментной системы НАДН: ФМН оксидоредуктаза-люцифераза при биотестировании водных экосистем, загрязненных химическими агентами.

Научный руководитель: Есимбекова Елена Николаевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, СО РАН Институт биофизики. Лаборатория фотобиологии

Адрес: 660041 Красноярск пр. Свободный 79. Кафедра биофизики

Телефон: (3912)44-08-41

E-Mail: torira@mail.ru стр. 852

Трусей Владимир Викторович, аспирант 2 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Микробная мобилизация фосфора в условия крайнего севера.

Научный руководитель: Гуревич, Юрий, Леонидович, Институт биофизики СОРАН

Адрес: Красноярск ул. Судостроительная - 56 кв.10 инд. 660012

E-Mail: trusey@mail.ru стр. 854

Фатеева Наталья Леонидовна, аспирант

Томский Государственный Университет, радиофизический

Влияние дефицита железа у растений на спектры флуоресценции хлорофилла

Адрес: 634045 Россия, г. Томск, ул. Елизаровых 27, кв 51

Телефон: (3822) 25-84-96

E-Mail: fnl@iao.ru стр. 856

Федорова Елена Сергеевна, 3 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Биолюминесцентный мониторинг токсичности поллютантов в присутствии гуматов.

Научный руководитель: Кудряшева Надежда Степановна и Кузнецов Александр Михайлович, , , Институт Биофизики СО РАН(г.Красноярск)

Адрес: 660133г.Красноярск ул.С.Лазо 28-196

E-Mail: leen@online.ru стр. 858

Шуваев Андрей Николаевич

Красноярский государственный университет

Оценка роли физических свойств антигенных детерминант в иммунном ответе стр. 860

Шипицына Екатерина Юрьевна, 5 курс

Красноярский Государственный Университет, физический

Классификация деревьев по характеру реакции радиального роста на изменения условий роста с помощью функции рангового распределения

Научный руководитель: Свицерская Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией дендрохронологии, Институт Леса имени В.Н. Сукачева

Адрес: 660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 81- 613 ОКГУ ? 2

E-Mail: katushaily@mail.ru стр. 861

Юдина Анна Юрьевна, аспирант 1-го года

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, физический

Мультикомпонентный T2-анализ в МРТ на молочном фантоме и in vivo

Научный руководитель: Пирогов Юрий Андреевич, д.ф-м.н, профессор, директор, ЦМТС МГУ

Адрес: 117234, г. Москва, Воробьевы горы, ГЗ МГУ, комн. 926

E-Mail: mel2@newmail.ru стр. 862

Юдина Анна Юрьевна, аспирант 1-го года

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, физический

Изучение патологических процессов в головном мозге при помощи МР-релаксометрии

Научный руководитель: Куприянов Дмитрий Алексеевич, к.ф-м.н, научный сотрудник, ЦМТС МГУ

Адрес: 117234, г. Москва, Воробьевы горы, ГЗ МГУ, сект. В, к. 926

E-Mail: mel2@newmail.ru стр. 863

Взаимодействие молекулы ДНК с координационными соединениями рутения

Афанасьева Дарья Андреевна

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Касьяненко Нина Анатольевна, к.ф.-м.н.

ada603@mail.ru

Интерес к исследованию взаимодействия молекулы ДНК с координационными соединениями платины и рутения обусловлен тем, что некоторые из них проявляют противоопухолевую активность и используются в медицинской практике при лечении ряда опухолей. Наиболее известным и хорошо изученным соединением является цис-ДДП. Наряду с высокой эффективностью, она вызывает серьезные побочные эффекты, в связи с чем одной из наиболее актуальных проблем является поиск аналогов цис-ДДП, не обладающих отрицательными качествами. В связи с этой проблемой в последнее время большой интерес вызывают различные соединения рутения. Показано, что препараты рутения имеют ряд преимуществ по сравнению с другими координационными соединениями, так как они обладают малой токсичностью и избирательностью действия.

Установлено, что противоопухолевая активность координационных соединений обусловлена их связыванием с ДНК в опухолевых клетках. Изучение взаимодействия молекулы ДНК с координационными соединениями платины и рутения может дать информацию о молекулярном механизме их противоопухолевого действия.

В нашей лаборатории в течение многих лет исследуются комплексы ДНК с соединениями платины различной структуры и состава. При этом используется целый ряд физических методов, которые могут дать информацию о структуре и свойствах молекулы ДНК в процессе взаимодействия: низкоградиентная визкозиметрия, динамическое двойное двулучепреломление, круговой дихроизм, УФ-спектрофотометрия и другие. В нашу задачу входило исследование комплексов ДНК с соединениями рутения и сравнение полученных данных с результатами изучения платиновых соединений. В работе использовали соединения $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, $\text{cis}-[\text{Ru}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$. Противоопухолевой активностью обладает последнее соединение. Остальные комплексы интересны тем, что они отличаются количеством ацидолигандов (атомов хлора) во внутренней координационной сфере рутения. Первое соединение при диссоциации образует трехвалентный комплексный ион $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ с оболочкой, заполненной инертными лигандами. Он очень близок по структуре к гексамину кобальта - известному конденсирующему агенту, вызывающему образование компактных тороидальных структур в растворах ДНК. Второе соединение при диссоциации образует комплексный ион $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$, однако в результате реакции аквафикации он также может приобрести заряд $3+$, при этом во внутренней координационной сфере рутения вместо хлора размещается молекула воды $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5(\text{H}_2\text{O})]^{3+}$. Комплексный ион последнего соединения также может приобретать заряд $3+$, при этом внутренняя координационная сфера преобразуется в аквакомплекс $\text{cis}-[\text{Ru}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{3+}$. Принято считать, что координационная связь комплексных ионов с ДНК формируется путем замены молекулы воды (или

непосредственно ацидолиганда) из внутренней координационной сферы платины или рутения входящей группой макромолекулы. Таким образом, первое соединение не может образовывать координационную связь с макромолекулой, второе может образовывать одну, а третье – две связи.

В работе показано, что при взаимодействии всех трех соединений с молекулой ДНК в растворе реализуется достаточно сильное связывание. Большой заряд комплексного иона первого соединения обеспечивает формирование прочного комплекса, не разрушающегося при проведении концентрационных исследований.

Образование комплекса ДНК с каждым из трех соединений в растворах малой ионной силы сопровождается уменьшением объема макромолекулы и увеличением ее оптической анизотропии. Данные, полученные методом флуорисцентной микроскопии свидетельствуют об уменьшении размеров макромолекулы при комплексообразовании. При этом наблюдаются изменения и в спектрах кругового дихроизма. Интересно отметить, что структура первой координационной сферы рутения практически не влияет на ход изменения молекулярных параметров ДНК с увеличением концентрации соединений рутения в растворе. Поскольку общим для всех трех соединений является заряд комплексного иона, мы можем предположить, что именно зарядовые свойства рутения определяют характер комплексообразования. Действительно, сравнение полученных данных с результатами исследования комплексов ДНК с трехвалентными ионами металлов, в том числе с гексамином кобальта, показало чрезвычайно большое сходство.

**Взаимодействие ДНК с аналогом противоопухолевого антибиотика
актиномицина D, содержащим бензо-15-краун-5-группировки, в
присутствии различных ионов металлов**

Белецкая Виктория Валерьевна

Санкт-Петербургский государственный университет

Морошкина Евгения Борисовна, к.ф.-м.н

evmorosh@mail.ru

Соединения, имеющие в своем составе макро циклы, проявляют различные виды биологической активности, предположительно связанные с их способностью к образованию комплексов с катионами биомишени. Интенсивные исследования таких соединений обусловлены возможностями построения на их основе полифункциональных соединений, обладающих способностью избирательно связывать ионы или нейтральные молекулы по типу гость-хозяин. Соединение бензо-15-краун-5 оказалось в этом смысле особенно перспективным, так как различным образом способно взаимодействовать с ионами Na^+ и K^+ .

Способность к избирательному взаимодействию с катионами Na^+ была обнаружена ранее у противоопухолевого антибиотика актиномицина D, активность которого обусловлена способностью вступать в комплексообразование с молекулой ДНК. В связи с этим в Санкт-Петербургском Техническом университете был синтезирован ряд аналогов актиномицина D в виде амидов актиноцина, содержащих в амидных группах фрагменты бензокраунсоединений. При исследовании их биологической активности было обнаружено, что максимальный противоопухолевый эффект среди производных, содержащих бензокраунгруппировки, имеет соединение, в котором бензо-15-краун-5 фрагмент расположен непосредственно в амидной группе (рис 1., соединение I). При этом его противоопухолевая активность против некоторых солидных опухолей превышает активность актиномицина D. Увеличение полости в краунфрагменте, так же, как и удаление его от хромофорной группировки, приводит к снижению противоопухолевых свойств вплоть до полной их потери.

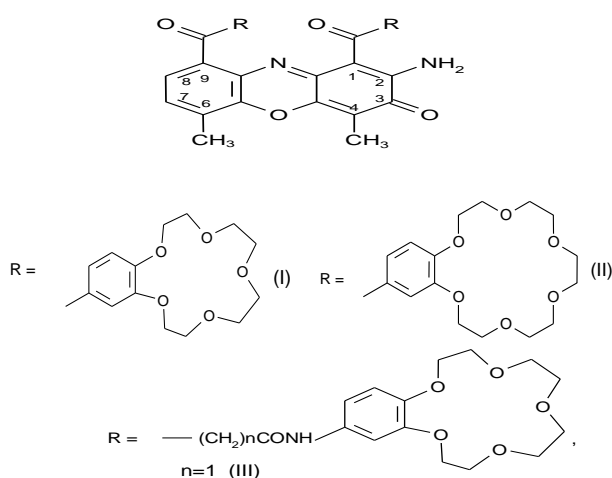


Рис. 1

В настоящей работе для понимания молекулярного механизма биологической активности этого соединения исследовали его взаимодействие с ДНК методами спектрофотометрии, кругового дихроизма и вискозиметрии. Комбинация этих методов позволяет определить параметры и способ связывания соединения с ДНК, а также стехиометрию образовавшихся комплексов и их структуру. Аналогичные исследования были проведены и для соединений, отличающихся как размером краунгруппировки (бензо-18-краун-6), (рис.1, соединение II), так и его удаленностью от хромофора (глицин в качестве линкера) (рис.1, соединение III).

Проведенные исследования показали, что спектральное поведение соединения I в отличие от остальных исследованных соединений существенно зависит от вида противоионов в водном растворе. В присутствии ионов K^+ наблюдается коротковолновый сдвиг длинноволновой полосы спектра поглощения актиноцинового хромофора, свидетельствующий об образовании агрегатов соединения, в которых плоские гетероциклические хромофоры образуют стопки (H-агрегаты). В присутствии ионов Na^+ в длинноволновой полосе хромофора появляется новый длинноволновый максимум. Появление со временем осадка в растворе свидетельствует, что мы имеем дело с агрегатами соединения в растворе. Однако в этих агрегатах плоскость

хромофора составляет с осью агрегата угол, отличный от 90° (J-агрегаты). При взаимодействии с ДНК характер спектров поглощения хромофора сохраняется.

Ранее было показано, что плоский актиноциновый хромофор способен взаимодействовать с ДНК, встраиваясь в двойную спираль параллельно парам азотистых оснований, образуя так называемый интеркаляционный комплекс. Наши гидродинамические исследования свидетельствуют о том, что краунсодержащие производные актиноцина также способны интеркалировать в двойную спираль ДНК, увеличивая ее контурную длину. Однако соединение 1, образуя в зависимости от состава водносолевого растворителя H- и J-агрегаты, связывается снаружи двойной спирали ДНК. Линейные J-агрегаты вероятно располагаются в одной из бороздок ДНК, о чем свидетельствуют наблюдаемые спектры кругового дихроизма. Таким образом отличия в структуре комплексов краунсодержащих производных актиноцина с ДНК могут быть причиной в различии степени их противоопухолевой активности. Следует отметить, что образование J-агрегатов ранее было обнаружено только в случае некоторых порфиринов и ряда цианиновых красителей, также обладающих заметной биологической активностью.

Изучение процессов переноса энергии в биолюминесцентной реакции обелина

Белогурова Надежда Валентиновна

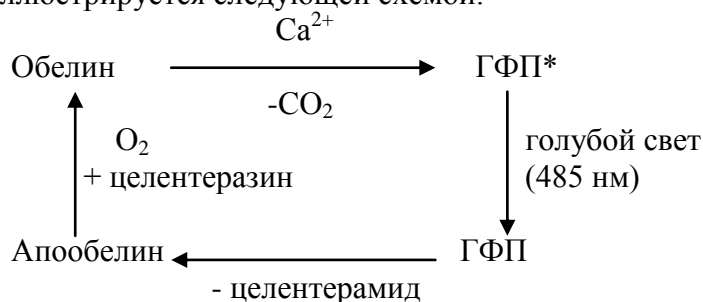
Немцева Елена Владимировна

Красноярский Государственный Университет

Кудряшева Надежда Степановна, к.ф-м н.

lucifer@ibp.ru

Биолюминесценция – свечение живых организмов. Это одно из самых привлекательных явлений природы. Биолюминесценция – это частный случай хемилюминесценции, при котором хемилюминесцентная реакция катализируется биологическими катализаторами – ферментами люциферазами. Важной группой биолюминесцентных реакций являются кальций-зависимые реакции. Эти реакции являются перспективными для использования в виде флуоресцентных меток в медицинских и биологических исследованиях, например, при иммуноферментном анализе. Одна из кальций-зависимых биолюминесцентных реакций – реакция обелина, выделенного из морского кишечного полипа *Obelia longissima*. Механизм реакции иллюстрируется следующей схемой.



Обелин представляет собой устойчивый фермент-субстратный комплекс, состоящий из апообелина, молекулы органического субстрата (целентеразина) и внутримолекулярного кислорода. После связывания Ca^{2+} целентеразин окисляется до целентерамида, испуская при этом свет ($\lambda = 485 \text{ нм}$), а продуктами являются CO_2 и голубой флуоресцентный протеин (ГФП), который состоит из целентерамида и связанного с ним апообелина. Предполагается, что эмиттерами биолюминесценции являются две формы целентерамида: протонированная ($\lambda_{\text{max}} = 410 \text{ нм}$) и непротонированная ($\lambda_{\text{max}} = 485 \text{ нм}$). В приведенном спектр биолюминесценции обелина (см. рис.1) видно, что существуют два пика, которые предположительно можно интерпретировать как испускание этих двух форм целентерамида в качестве источника биолюминесценции.

В работе исследована зависимость спектров биолюминесценции от кислотности среды. Показано (см. рис. 1), что при различных рН (рН = 7 (1), рН = 8.5 (2), рН = 5.5 (3)) спектры биолюминесценции практически идентичны. Можно предположить, что такая независимость спектров биолюминесценции обелина от рН связана с изолированностью эмиттера биолюминесценции в белковом окружении.

Наблюдали изменение спектра биолюминесценции в присутствии флуоресцентных красителей родамина 6Ж, родамина С и флуоресцеина, спектры поглощения которых перекрывались со спектром биолюминесценции. В качестве примера (см. рис. 2) приведен спектр биолюминесценции обелина в присутствии родамина 6Ж. Область перекрывания спектра биолюминесценции (1) со спектром поглощения родамина 6Ж (2) заштрихована. В спектре биолюминесценции в присутствии красителя (3) имеется пик сенсibilизированной флуоресценции родамина 6Ж, максимум которого близок максимуму фотолуминесценции (флуоресценции) этого соединения (4). Появление этого дополнительного пика связано с возможностью переноса энергии в биолюминесцентной системе на молекулу красителя по излучательному и/или безызлучательному механизму. Рассчитаны интегралы перекрытия спектра биолюминесценции со спектрами поглощения красителей.

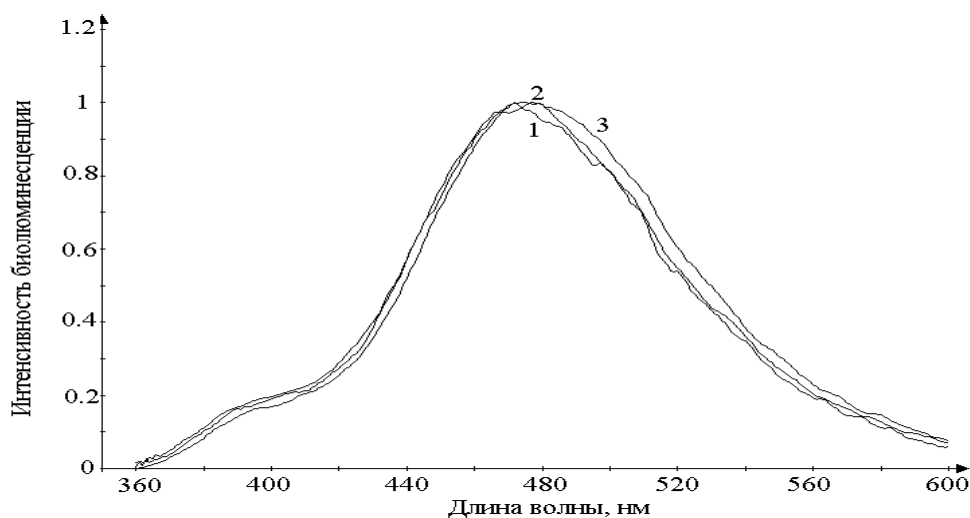
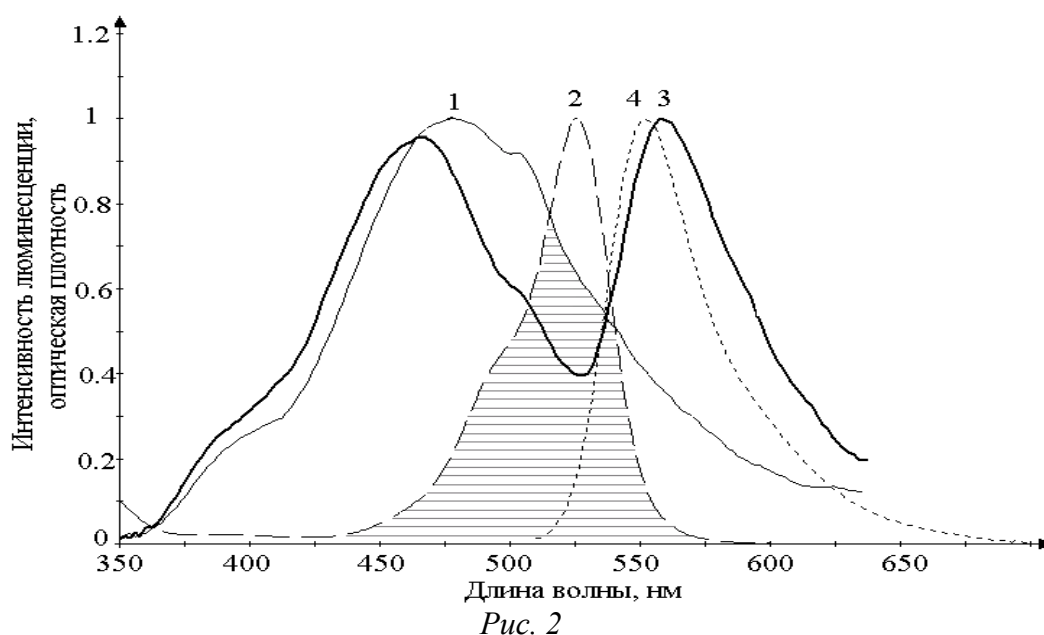


Рис. 1



Таким образом, в работе показана независимость спектров биолюминесценции от pH среды, а также проиллюстрирована возможность миграции энергии возбуждения в биолюминесцентной системе при наличии спектрального перекрытия.

Работа поддержана грантом REC-002 Министерства образования Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития для независимых государств бывшего Советского Союза, программа «Фундаментальные исследования и высшее образование».

Исследование взаимодействия ДНК с краун-содержащими соединениями ксантонового ряда

Бердников Сергей Вадимович

Квачадзе Елена Анатольевна

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Морошкина Евгения Борисовна, к.ф.-м.н.

Berdnik@mail.wplus.net

В настоящей работе методами спектрофотометрического титрования, кругового дихроизма, вискозиметрии и динамического двойного лучепреломления изучено взаимодействие ДНК с производными ксантона, содержащими в положениях 2 или 4 хромофора фрагмент бензо-18-краун-6.

Некоторые из соединений ксантонового ряда обладают биологической активностью, в том числе и противоопухолевой. Активность такого рода соединений обусловлена их способностью взаимодействовать с ДНК и влиять на работу генетического аппарата клетки. Это позволяет использовать ксантоновый хромофор в качестве основы для создания новых биологически активных синтетических соединений.

Соединения, имеющие в своем составе макро циклы, также проявляют различные виды биологической активности. Прежде всего, это ионный транспорт через мембрану.

Бензо-краун-эфирные соединения проявляют также психотропные свойства, предположительно связанные с их способностью к образованию комплексов с катионами биомишени. Объединение обеих активных групп в одной молекуле позволяет создать качественно новое биологически активное полифункциональное соединение.

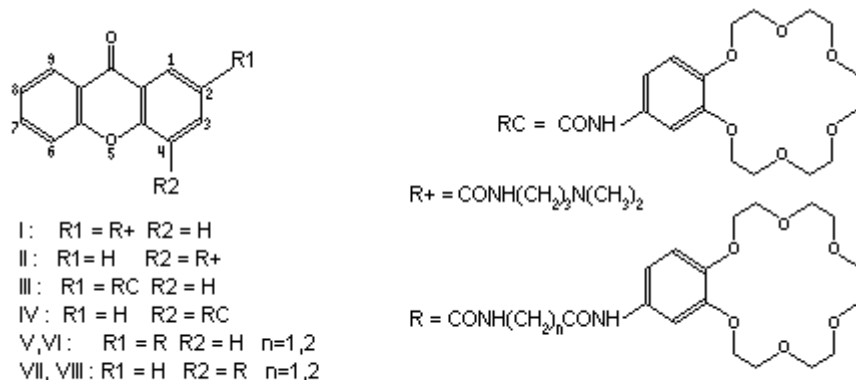


Рис.1

В процессе направленного поиска новых эффективных противоопухолевых препаратов в Санкт-Петербургском Техническом Университете были синтезированы подобные соединения (см. рис.1). Бензо-18-краун-6 фрагмент присоединялся к ксантоновому хромофору в двух различных положениях: в положении 2 – вдоль длинной оси хромофора, и в положении 4 – вдоль короткой оси хромофора. При этом краун-фрагмент находился либо непосредственно на хромофоре либо присоединялся к нему с помощью линкеров различной длины.

Комбинация использованных в работе методов позволяет определить параметры связывания, состав и структуру комплексов соединений с молекулой ДНК и тем самым выяснить молекулярные механизмы биологической активности данных соединений.

Для выявления роли краунгруппировки в комплексообразовании соединений с ДНК проводились сравнительные исследования производных ксантона, содержащих в тех же положениях хромофора вместо краунгруппировок протонированные в нейтральной среде амино-алкильные группы (соединения I и II).

Метод спектрофотометрического титрования позволяет по изменению в спектре поглощения молекулы лиганда при различном количестве ДНК в комплексе определить равновесные параметры связывания лиганда с ДНК. Этим методом было установлено, что замена аминоалкильной группы на краунгруппировку приводит к заметному уменьшению константы связывания, а также количества мест связывания ксантона с ДНК. При этом удаление краунгруппировки от хромофора (соединения V – VIII) приводит практически к полному отсутствию изменений в спектрах при титровании (исключая соединение VIII), что свидетельствует об отсутствии связывания ксантонового хромофора этих соединений с двойной спиралью ДНК.

Все соединения, исследованные в данной работе, не имеют собственной оптической активности, поэтому появление у них спектров кругового дихроизма (КД) свидетельствует об их взаимодействии с хиральной молекулой ДНК. Знак КД меняется при изменении расположения как аминоалкильной, так и краунгруппировки на

хромофоре, что говорит об изменении ориентации хромофора относительно оси двойной спирали ДНК.

Гидродинамические исследования показали, что в случае соединений I и II ксантоновый хромофор способен встраиваться – интеркалировать - в двойную спираль ДНК параллельно парам азотистых оснований, независимо от положения протонированной группы на хромофоре. Это подтверждает рост характеристической вязкости у этих соединений в комплексе с ДНК в сочетании с почти неизменной величиной оптической анизотропии. У соединений III – VIII измерения оптической анизотропии не производилось, однако из-за отсутствия роста вязкости комплекса по сравнению с чистой ДНК у соединений V – VII, можно однозначно утверждать, что эти соединения не интеркалируют, в то время как соединения III, IV и VIII показывают рост вязкости, что позволяет предположить возможность интеркаляции.

Изменения физико-химических свойств мембран эритроцитов в условиях развития канцерогенеза

Борисова Алиса Александровна

Красноярский Государственный Университет

Замай Татьяна Николаевна, к.б.н., Немцева Елена Владимировна, к.ф-м.н

Zamay@akadem.ru

Клеточная мембрана – мишень для действия любых факторов в норме и при патологии. Эти структуры отвечают приспособительной реакцией на изменение внешней среды. Яды, токсины, канцерогены, радиоактивное и ультрафиолетовое излучения в первую очередь влияют на функциональное состояние плазматических мембран.

В опухолевых клетках происходит нарушение физико-химических свойств мембраны, что вызывает изменение активности мембранных ферментов и уменьшение содержания гликопротеинов, модулирует проницаемость клеточной мембраны и ее электрический заряд, разрушает микротрубочки и микрофиламенты цитоскелета. В результате этого происходит утрата контактного торможения, изменение мембранных белков-рецепторов и нарушение клеточной адгезии. Потеря контактного торможения является одной из наиболее важных характеристик неопластических клеток. Предполагается, что эта потеря может частично объяснять способность неопластических клеток метастазировать.

Опухолевая клетка отличается атипичным метаболизмом. Продукты секреции опухолевых клеток могут выступать в роли маркеров опухоли в организме. Помимо этого они могут привести к возникновению клинических проявлений (паранеопластических синдромов), не связанных с прямым влиянием опухоли на ткани. Зачастую летальный исход в послеоперационный период связан с интоксикацией организма продуктами жизнедеятельности опухолевых клеток. В связи с этим становится актуальной проблема исследования структурно-функциональных изменений в различных органах и тканях у онкологических больных.

Ключевая роль в регуляции всех процессов в клетке принадлежит ферментам и рецепторам мембраны, интегральным показателем которой является ее текучесть. Этот

комплексный показатель отражает структурные, функциональные и диффузионные аспекты липидной составляющей мембран, легко и динамично реагирует как на метаболические изменения в клетке, так и на внешние раздражители.

Кровеносная система объединяет все органы и ткани организма, поэтому любые изменения в них отражаются и на состоянии кровеносных телец. Кроме того, клетки крови привлекательны ввиду своей доступности для исследований, что немаловажно при диагностике. Поэтому целью нашей работы явилось изучение именно текучести мембран эритроцитов.

Исследования проводились на эритроцитах 16 онкологических больных. Контрольная группа составляла 14 условно здоровых человек.

Оценку относительной микровязкости мембран клеток крови осуществляли методом латеральной диффузии гидрофобного зонда пирена ($C_{16}H_{10}$). Интенсивность флюоресценции пирена определяли на спектрофлуориметре AMINCO BOWMAN Series 2. Определение микровязкости основано на образовании эксимеров (возбужденных димеров) пирена. Коэффициент эксимеризации пирена $E_{экс}/E_{мон}$, равный отношению интенсивности флюоресценции эксимеров (длина волны испускания 470 нм) и мономеров (длина волны испускания 395 нм), находится в обратной зависимости от относительной микровязкости. Микровязкость липидного бислоя эритроцитарных мембран оценивали при длине волны возбуждения 334 нм, а микровязкость зон белок-липидных контактов при 286 нм.

В соответствии с полученными данными относительная микровязкость мембран эритроцитов, измеренная по соотношению $E_{экс}/E_{мон}$, в зоне липидного бислоя в контрольной группе составила $1,54 \pm 0,26$, а в зоне белок-липидного контакта – $2,42 \pm 0,40$. В то время как у больных раком в зоне липидного бислоя и в зоне белок-липидного контакта коэффициент эксимеризации был равен $1,03 \pm 0,14$ и $1,42 \pm 0,20$ соответственно. Таким образом, наши исследования показали, что текучесть мембраны эритроцитов у онкологических больных по сравнению с эритроцитами здоровых людей снижена как в зоне липидного бислоя (на 33,3%), так и в зоне белок-липидного контакта (на 41,3%).

Такое изменение текучести мембраны эритроцитов обуславливает нарушение функций эритроцитов. Красные кровяные тельца обладают двояковогнутой формой и большой способностью к деформации, благодаря чему обеспечивают эффективную диффузию газов и могут проходить через капилляры диаметром в 3 – 4 раза меньше самих этих кровяных элементов. Таким образом, подобные структурно-функциональные изменения красных клеток крови, неизбежно будут приводить к гипоксии различных органов и тканей.

Способность эритроцита к деформациям зависит от объема клетки, который в свою очередь регулируется работой ионных каналов. В норме эритроцит компенсирует поступление жидкости извне, активно обменивая катионы натрия на калий и затрачивая на это энергию АТФ. Следовательно, при дефиците глюкозы, или нарушениях энергетического обмена эритроцит подвержен и патологическому изменению объема. Известно, что опухолевые клетки оттягивают на себя значительную долю энергетических ресурсов организма, тем самым, снижая активность Na-K- и Ca-АТФаз. Чем ниже уровень АТФ, тем больше Ca связывается с мембраной, уменьшая ее эластичность. Кроме того, следует помнить о том, что эластические свойства

плазматической мембраны в значительной степени определяются каркасным субмембранным белком спектрином, ассоциированным с эритроцитарным скелетом. Эти свойства подвержены сильному влиянию ионов Са.

Причиной снижения текучести мембраны кровяных телец у онкологических больных, возможно, является угнетение эритропоэза. Большие энергозатраты опухолевых клеток приводят к нехватке энергии для продуцирования новых эритроцитов, за счет чего увеличивается доля старых эритроцитов в кровяном русле.

Патология мембран эритроцитов онкобольных также может быть связана с модификацией мембранных липидов (изменением в соотношении липидного состава мембран; увеличением или уменьшением насыщенности жирных кислот, входящих в состав мембранных липидов; развитием перекисного окисления; изменением концентрации в мембране липорастворимых витаминов); нарушением функций мембранных белков (включая рецепторы), содержанием холестерина.

В настоящее время эти механизмы находятся в стадии исследования.

Ультраструктура одиночного механорецепторного нейрона при кратковременном фотодинамическом воздействии

Вассель Сергей Сергеевич

Ростовский государственный университет

Федоренко Григорий Мефодьевич, д.б.н

Sergei_vassel@mail.ru

Изменения, вызванные действием различных (в том числе и экстремальных) факторов начинаются на субклеточном уровне. В настоящее время, в связи с НТП, появляется все больше экстремальных воздействий, к которым живые существа не успели приспособиться в процессе эволюции. Во многих случаях неизвестны механизмы и клеточные мишени этих воздействий. Уникальная способность нервной ткани реагировать даже на незначительные изменения окружающей среды предполагает постоянное преобразование и реорганизацию существующих внутриклеточных и межклеточных взаимосвязей, что отражается в пластичных перестройках нервной ткани и делает нервную клетку чрезвычайно интересным объектом для подобного рода исследований.

Комплексное электрофизиологическое и морфологическое исследование наиболее информативно.

Было проведено исследование изменений вызванных фотодинамическим воздействием в одиночном механорецепторном нейроне речного рака. Тестировалось два вида воздействий- длительное и кратковременное ФД воздействие.

Механорецепторный нейрон речного рака помещался в краситель сульфированный алюмофталоцианин концентрации 10^{-7} М на 30 минут. Затем образец облучался лазерным светом (638 нм). При кратковременном ФД воздействии облучение прекращалось при первых признаках изменения импульсной активности нейрона. При длительном ФД воздействии облучение прекращалось при исчезновении импульсной активности.

Затем проводилось электронно-микроскопическое исследование образца.

Изменения- вызванные длительным фотодинамическим воздействием, носили преимущественно деструктивный характер: большая часть митохондрий претерпела значительные изменения: произошло сильное набухание митохондрий, просветление матрикса, гидролизация крист, вакуолизация митохондрий. Произошло сильное набухание ЭПР и аппарата Гольджи.

Изменения, вызванные кратковременным ФД воздействием, можно отнести к адаптивным.

Митохондрии, диффузно распределенные в контрольных образцах, проявили явную тенденцию к образованию больших групп и скоплений в различных частях нейрона. Митохондрии, агрегированные в группы, образуют между собой так называемые межмитохондриальные контакты. Каждая группа включает в себя от 3 до 7 митохондрий.

На многих микрофотографиях видны расширенные кристы митохондрий, сами митохондрии выглядят набухшими. Матрикс более светлый (поглощает меньше четырехоксида осмия при фиксации), чем это можно наблюдать на контрольных снимках. Эндоплазматическая сеть представляет собой ряд канальцев и сферических пузырьков, а так же ряд цистерн неправильной формы. Наблюдается набухание и вакуолизация эндоплазматического ретикулула (ЭР) по сравнению с контрольными образцами.

Аппарат Гольджи (АГ) подвергся значительно меньшим изменениям, чем эндоплазматический ретикулум. Наблюдается лишь незначительное набухание и просветление цистерн АГ.

Степень складчатости ядерной оболочки возросла. В местах складок значительно увеличилось перинуклеарное пространство (до 800-1000 А по сравнению с 200-300 А в контроле). В местах, где перинуклеарное пространство расширено, четко видны контуры ядерной оболочки. Это показывает, что увеличение перинуклеарного пространства произошло не за счет косога среза ядерной оболочки. В последнем случае ядерная оболочка имела бы размытые контуры. Так же важно отметить, что ядерная оболочка не имеет разрывов.

Ядерный хроматин распределен дисперсно; образования глыбок хроматина не наблюдается. Ядрышко сохраняет электронноплотную гранулярную структуру.

На основании литературных, а так же собственных данных можно показать, что ММК образуются при интенсивной работе МХ. Считается, что образования ММК приводит к образованию так называемого «протонного кабеля» по которому легко можно перебросить протоны к местам интенсивного синтеза АТФ (очевидно, они локализованы в клетках вблизи мест интенсивного потребления АТФ). Данное эволюционное изобретение позволяет митохондриям потреблять кислород в значительном объеме клетки (что важно, т.к. скорость диффузии кислорода в цитозоле относительно невелика), а не только в местах интенсивного синтеза АТФ. Потребляя кислород в большем объеме, митохондриям удается уменьшить вероятность таких нежелательных процессов, как образование активных форм кислорода.

Очевидно, почувствовав повышение концентрации активных форм кислорода, митохондрии «приняли» эти АФК за продукт своего метаболизма, и попытались «исправить ситуацию» путем оптимизации своего энергетического состояния.

Набухание ЭПР, при отсутствии аналогичных изменений в АГ, мы склонны объяснять работой ЭПР по депонированию ионов кальция.

Влияние интродукции хищника на интенсивность биотического круговорота в системах с разным типом регуляции и степенью замкнутости

*Галайда Яна Валериевна¹
Широбокова Ирина Михайловна²*

¹Красноярский Государственный Университет

²ИБФ СОРАН

Печуркин Николай Савельевич, проф., д.б.н.

Sq_mouse@mail.ru

Поскольку хищничество является широко распространенным явлением в природных экосистемах, становится важным исследование влияния интродукции хищника на функционирование экосистемы.

Целью данной работы было исследование влияния интродукции хищника на интенсивность биотического круговорота в системах с разным типом регуляции и степенью замкнутости.

Показателем интенсивности круговорота является чистая первичная продукция, которая представляет собой количество органического вещества, синтезированного на единице площади за единицу времени и вычислялась по формуле:

$$\mu P = \frac{\mu_{\max P} \cdot S(t)}{K_s + S(t)} \cdot P(t)$$

где $\mu_{\max P}$ - максимальная удельная скорость роста продуцента (1/ч), $S(t)$ - количество лимитирующего биогенного элемента (мг/л), K_s - константа полунасыщения, $P(t)$ - количество продуцента (мг/л)

В работе исследовались модельные экосистемы с различным числом трофических звеньев (2, 3, 4 и 5), незамкнутые и замкнутые с учетом возврата лимитирующего вещества в цикл через разложение детрита и продукты жизнедеятельности консументов. Схема потоков и взаимодействий систем с различным числом звеньев представлена на *рис.1*. Основные звенья экосистем - лимитирующее биогенное вещество (S), продуцент (P), первый консумент - хищник первого рода (C_1), хищник второго рода (C_2), детрит (D).

Удельные скорости роста были записаны по формуле Моно. Численные расчеты проводились с коэффициентами характерными для водных экосистем (водоросли, простейшие, рыбы), взятыми из литературных источников. В экосистемах, состоящих из P, S, D продуценты подвержены “bottom-up” регуляции, поскольку они ничем не ограничены сверху и лимитируются только биогенными элементами. При интродукции хищника первого рода C_1 тип регуляции продуцентов в системе меняется на “top-

down”, поскольку продуценты выедаются хищниками и их биомасса регулируется сверху. При интродукции хищника C_2 тип регуляции продуцентов вновь изменяется на “bottom-up”.

Получено, что при замыкании экосистем чистая первичная продукция увеличивается на порядок (рис.2). Это происходит в связи с тем, что возврат биогенных элементов в круговорот увеличивает их концентрацию в системе и приводит к увеличению биомассы продуцентов.

В результате численных расчетов было получено, что при добавлении хищника C_1 как в незамкнутые, так и в замкнутые экосистемы уменьшается чистая первичная продукция экосистемы из-за уменьшения численности выедаемого звена продуцентов P , при этом увеличение пула питательных веществ S не компенсирует потери в P (рис.2). При этом уменьшение чистой первичной продукции в замкнутых экосистемах значительно сильнее чем в незамкнутых. Таким образом, интродукция хищника C_1 в систему с “bottom-up” регуляцией приводит к смене типа регуляции на “top-down” и снижению чистой первичной продукции.

При добавлении еще одного хищника C_2 система вновь меняет тип регуляции и чистая первичная продукция возрастает до исходных значений (рис.2). Таким образом, интродукция хищника C_2 в систему с “top-down” регуляцией приводит к смене типа регуляции на “bottom-up” и увеличению чистой первичной продукции.

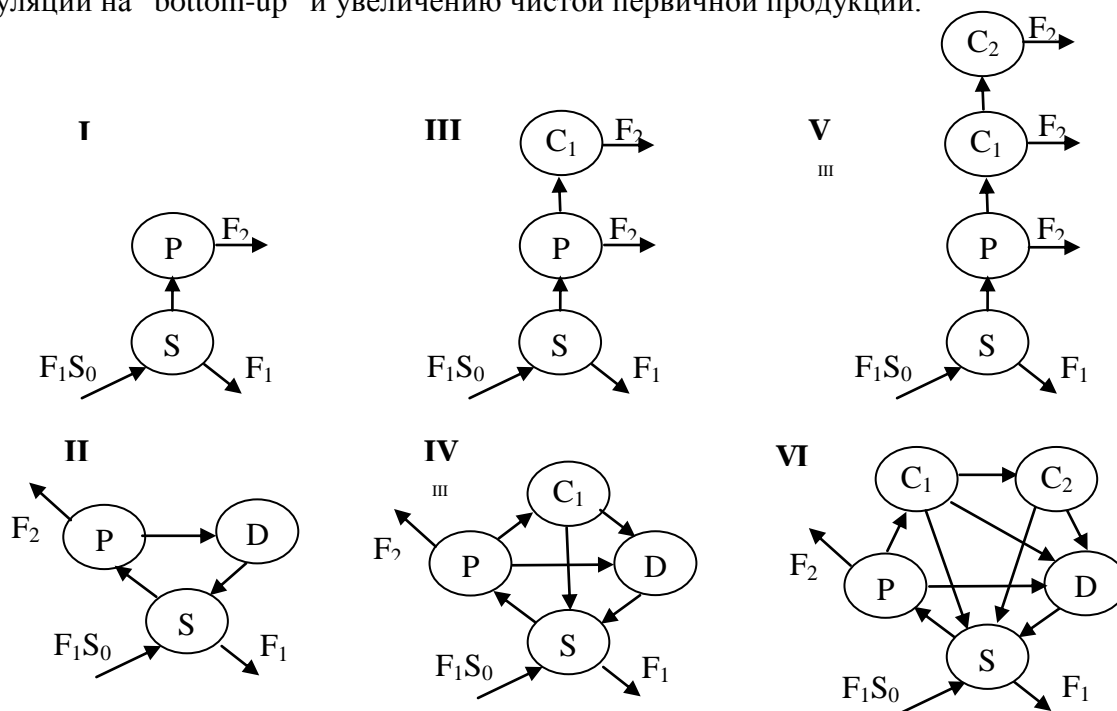


Рис.1. Схема потоков и взаимодействий лимитирующего вещества при интродукции хищника в экосистемы с различным типом регуляции и замыкания. I, V– незамкнутые экосистемы с “bottom-up” регуляцией, II, VI- замкнутые экосистемы с “bottom-up” регуляцией, III- незамкнутая система с “top-down” регуляцией, IV- замкнутая система с “top-down” регуляцией.



Рис.2. Зависимость чистой первичной продукции от количества трофических звеньев и замкнутости экосистемы. Римскими цифрами обозначен номер экосистемы.

Применение универсального последовательного интерфейса USB в пульсодиагностическом комплексе

Егоров Евгений Валерьевич

*Лаборатория пульсовой диагностики Отдела физических проблем БНЦ
СО РАН*

Бороноев Виталий Васильевич, д.т.н

Lrbp@ofpsrv.bsc.buryatia.ru

На сегодняшний день персональные компьютеры являются наиболее доступными универсальными вычислительными средствами и поэтому широко применяются при создании медицинских комплексов. Персональные компьютеры предоставляют возможность по обработке, хранению и отображению медицинской информации любого типа.

При разработке компьютерного медицинского комплекса возникает проблема выбора интерфейса прибора с персональным компьютером. Так, возможно использовать внешние порты или изготавливать оригинальный адаптер, встраиваемый в персональный компьютер. Последний вариант применяется в силу необходимости, когда использование стандартных каналов передачи информации невозможно (высокая скорость обмена, сложная конфигурация системы и т.п.).

USB (Universal Serial Bus) – это интерфейс для подключения периферийных устройств, разработанный сравнительно недавно лидерами индустрии персональных компьютеров и коммуникаций фирмами “Compaq”, DEC, IBM, “Intel”, “Microsoft”, NEC и “Northern Telecom”. Первый утвержденный стандарт появился в начале 1996 г. Основная цель, преследуемая создателями, получить современный быстродействующий интерфейс, максимально облегчающий процесс подключения периферийного оборудования к персональному компьютеру.

USB поддерживает две скорости передачи данных: 1.5 и 12 Мбит/с. Внедряется новая версия стандарта, где пропускная способность повышена до 480 Мбит/с за счет увеличения тактовой частоты на шине. USB содержит разветвленную сеть протоколов, обеспечивающих передачу логически независимых потоков данных от одного устройства, обеспечивая высокую помехозащищенность. Существует возможность синхронизации потоков данных от различных устройств. Используется топология связанных узлов. При этом только одно устройство – концентратор USB (хаб) должно

быть присоединено к персональному компьютеру, а остальные, в свою очередь, подключаются к хабу, образуя древовидную структуру соединений. Такая схема поддерживает одновременное подключение до 127 устройств USB. В разьеме USB имеется линия питания +5В, с мощностью, достаточной для подключения обширного класса современных медицинских приборов. USB поддерживает универсальный стандарт автоконфигурирования “Plug and Play”, который обеспечивает подключение устройства к работающему ПК с автоматическим распознаванием и интеграцией в операционную систему (ОС).

Применение интерфейса USB предлагает удобный путь сопряжения пульсодиагностического комплекса с персональным компьютером и позволяет забыть о морально устаревших каналах связи и связанных с ними проблемами. Построение пульсодиагностического комплекса с использованием единого интерфейса позволяет эффективно решить задачу обеспечения синхронизации потоков данных от датчиков пульса. Высокая скорость обмена, помехозащищенность, поддержка интерфейса со стороны операционной системы персонального компьютера, максимальная гибкость в подключении устройств к шине – все это, в конечном итоге, увеличивает потребительские качества системы.

Разработка канала связи на основе USB складывается из поддержки стандарта на уровне устройства и написания программного обеспечения на персональном компьютере.

Поддержка USB в устройстве подразумевает использование специализированных контроллеров. Они представляют собой достаточно интеллектуальные устройства, значительно облегчающие разработку приборов, обеспечивая поддержку шины на низком уровне – согласование уровней сигнала, кодирование-декодирование данных, проверка CRC кода, адресацию устройства и узлов, буферирование данных. Обеспечение стандарта USB на уровне протоколов осуществляется ОМЭВМ и соответствующим программным обеспечением. На стороне персонального компьютера необходимо разработать драйвера операционной системы. В настоящее время USB поддерживается в следующих операционных системах: Windows 98/2000/NT5, MacOS и Linux.

В лаборатории пульсовой диагностики Бурятского научного центра разработан пульсодиагностический комплекс, позволяющий определить функциональное состояние двенадцати внутренних органов одновременно и организма в целом по канонам тибетской медицины. Пульсодиагностический комплекс подключается к персональному компьютеру через порт USB. Данный прибор имеет следующие технические характеристики:

- Число каналов – 6 униполярных;
- Частота оцифровки – 512 кГц синхронно по всем каналам, далее цифровая фильтрация и прореживание (применяются сигма-дельта аналого-цифровые преобразователи);
- Частота выдачи данных – до 2 кГц на один канал (размерность данных 24 двоичных разряда);
- Полоса пропускания 0-500 Гц (по уровню 3 дБ);
- Динамический диапазон сигнала – 117 дБ
- Входное сопротивление – не менее 90 МОм;
- Сопряжение с компьютером USB-порт.

- Для сопряжения с USB применен специализированный контроллер USBN9602 фирмы “National Semiconductor”, работающий под управлением однокристалльной микроЭВМ AT90S8515 (8-разрядный контроллер с RISC- архитектурой) фирмы “Atmel”.

Пульсодиагностический комплекс может быть хорошим примером интеграции медицинских приборов с ПК посредством нового интерфейса, используя все его достоинства – высокую скорость передачи данных, непосредственное питание от магистрали, максимальную простоту подключения для пользователя, невысокую стоимость.

**Производство расходных медицинских материалов,
изотопной продукции и внедрение радиационных технологий на
Горно-химическом комбинате.**

Еремеев Артем Валерьевич

*Юрий Александрович Ревенко, Виталий Петрович Малый, Владимир Витальевич
Коскин, Артем Валерьевич Еремеев*

Минатом РФ ФГУП Горно-Химический комбинат

rtc-mvp@mcc.krasnoyarsk.su

На Горно-химическом комбинате с 1989 года ведутся работы по созданию ряда производств, ориентированных в основном на выпуск продукции медицинского назначения и оказанию услуг в области радиационных технологий.

В сентябре 1997 года на основе этого коллектива был создан Радиационно-технологический центр (РТЦ) - структурное подразделение Горно-химического комбината.

К числу основных направлений деятельности РТЦ ГХК относятся: производство изотопной продукции на основе радона-222 и производство стерильных раневых покрытий (перевязочных материалов) и средств ухода за больными;

Производство изотопной продукции на основе радона-222

Это производство достаточно многогранно и включает в себя широкий спектр возможных видов продукции и услуг, которые РТЦ ГХК предоставляет своим потребителям.

НПО Радиевый институт им. Хлопина, Межотраслевой координационный центр «Нуклид» (г. Санкт-Петербург), ВНИИ испытаний медицинской техники, Институт курортологии и физиотерапии (г. Москва) - это те организации, совместная работа с которыми в части разработки, внедрения и сертификации оборудования для изготовления продукции на основе радона-222 позволила на современном техническом и научном уровне создать уникальное производство и развить сеть потребителей изотопной продукции.

В настоящее время готовой продукцией этого производства являются:

- *твердые радоновые концентраты (ТРК)*, представляющие собой таблетки диаметром 5 мм и высотой 2,5 мм, насыщенные радоном (активность от 7 до 14 мкКи);

- *-генератор радона твердотельный ГРК-1*, активность радия-226 в генераторе от 0,9 до 1,3 ГБк (25-35 мКи), активность радона, производимого генератором ежесуточно, составляет 4,5 мКи, габаритные размеры: высота – 450 мм, диаметр – 350 мм; масса – 200 кг, мощность эквивалентной дозы излучения на расстоянии 1 м от внешней поверхности не более 0,03 мЗв/ч, климатическое исполнение УХЛ 4.2 ;

- *лабораторная установка для производства ТРК.*

В медицине ТРК используются для проведения радонотерапии (радоновые ванны, орошения, ингаляции, воздушно-радоновые процедуры). Радонотерапия показана при лечении:

заболеваний нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной систем;

нарушений обмена веществ;

гинекологических заболеваний и др.

Существенно важным является то, что ТРК могут использоваться и для общепромышленных целей. В данном случае ТРК найдут широкое применение при исследовании свойств нефтегазоносных пластов и обнаружении дефектов обсадных колонн промысловых скважин (метод радиоактивной метки). Перспективным может стать использование ТРК для поиска негерметичности кабельных линий. Работая с потребителями своей продукции, РТЦ ГХК предоставляет весь комплекс услуг:

курирование проектных работ;

изготовление и поставка необходимого оборудования;

проведение пуско-наладочных работ;

обучение персонала и обеспечение необходимой методической и технологической документацией.

Производство стерильных перевязочных материалов и средств ухода за больными

Это производство в настоящее время ориентировано на создание так называемых альгинатных и коллагенхитозановых пористых покрытий. Уже сегодня налажен выпуск и реализуется потребителям нетканый пористый материал "Альгипор".

Получено положительное заключение отраслевого института-разработчика технологии (ВНИИ медполимеров г.Москва) на выпускаемый материал. "Альгипор" - это сорбирующее покрытие, изготавливаемое методом сублимационно-вакуумной криогенной сушки водного раствора альгината натрия, получаемого из растительного сырья (бурые морские водоросли). Покрытие используется для лечения ожогов 2-3а степени, пролежней, трофических язв, ран различной этиологии. В ближайшее время специалистами РТЦ готовится к производству материал "Альгимаф" -разновидность альгинатного покрытия, также на основе растительного сырья.

Технология сублимационно-вакуумной сушки, лежащая в основе производства альгинатных покрытий, обеспечивает возможность производства и ряда других материалов, обладающих профилактическими и лечебными свойствами. Например, коллагенхитозановые пористые покрытия (на основе животного сырья), к выпуску которых в РТЦ совместно с ЦНИИ химии и механики приступили уже с начала 2001 года.

Бесспорно, перспективным является и производство перевязочных материалов на основе гидрогелей (так называемые "жидкие бинты") и гелевых покрытий с использованием фермента иммозимаза (эти покрытия называются "энзимопласты"). Специалистами РТЦ совместно с Новосибирским институтом цитологии и генетики уже ведутся работы в этом направлении. Данная продукция запатентована, имеется разрешение Министерства здравоохранения на ее производство.

Следует отметить, что во всех случаях при производстве вышеназванной продукции, используется только отечественное сырье. Выпускаемая и планируемая к выпуску продукция в несколько раз дешевле своих импортных аналогов.

Производство широкого спектра стерильных перевязочных материалов позволит существенно расширить возможности врачей при лечении больных с раневыми патологиями.

Перспективным направлением деятельности центра является создание производства одноразовых материалов – средств ухода за больными. Это одноразовые простыни, пеленки, офтальмо-логические салфетки с липким отверстием, моче- и калоприемники, хирургические салфетки с липким квадратом, бинт липкий проницаемый для фиксирования повязок.

Исследование гидродинамических параметров молекулы ДНК, γ-облученной в присутствии этанола в растворе большой ионной силе

Зайчикова Юлия Владимировна

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Пастон Софья Владимировна к.ф.-м.н, Зырянова Ирина Михайловна

zaichikova@mail.ru

Алифатические спирты являются перехватчиками активных продуктов радиолиза воды и могут быть использованы для защиты биологических макромолекул от действия ионизирующего излучения. Также известно, что неэлектролиты (в частности, этиловый спирт) могут влиять на конформацию молекулы ДНК и при больших концентрациях вызывать ее осаждение и изменение вторичной структуры. При меньших концентрациях спирта (так называемая критическая концентрация, $C_{кр}$) происходит переход на уровне третичной структуры макромолекулы, связанный с изменением структуры воды [1]. При этом наблюдается кооперативное падение удельного объема молекулы ДНК, тем большее, чем меньше ионная сила раствора μ , а равновесная жесткость и вторичная структура макромолекулы остаются неизменными. Критическая концентрация зависит от длины и степени разветвленности углеводородной цепочки спирта и не зависит от μ . Следует отметить, что в растворах с большой ионной силой (0.1 М NaCl) не наблюдается изменение удельного объема молекулы ДНК при $C_{кр}$.

Ранее было изучено влияние этанола на процесс радиационного поражения молекулы ДНК при $\mu=0.003$ М NaCl и дозах γ -облучения 0 – 30 Гр ([2], [3]). Показано, что защитное действие этанола наблюдается в области концентраций ниже критической ($C_{эт. крит} = 16.5\%$ вес.). При концентрации спирта больше 5%вес. и дозе 10 Гр наблюдается полная защита макромолекулы. При $C_{эт.} = C_{эт. крит}$ происходит кооперативное падение характеристической вязкости облученной и необлученной

молекулы ДНК. При $C_{\text{эт.}} > C_{\text{эт. крит}}$ обнаружена инверсия дозовой зависимости удельного объема молекулы ДНК. Таким образом, в данном случае сложно разделить действие спирта на конформацию ДНК при γ -облучении, обусловленное его радиопротекторными свойствами и влиянием на структуру растворителя.

Можно предположить, что при облучении аналогичных систем при $\mu=0.15$ М NaCl спирт будет действовать только как перехватчик продуктов радиолиза воды, поскольку при данной ионной силе отсутствует его влияние на удельный объем необлученной молекулы ДНК, которое обусловлено изменением структуры воды.

В настоящей работе проводилось изучение радиационных повреждений молекулы ДНК, γ -облученной в присутствии этанола при $\mu=0.15$ М NaCl. Исследование проводилось методами низкоградиентной вискозиметрии и УФ-спектрофотометрии. Использовался образец ДНК из тимуса теленка молекулярной массы $8 \cdot 10^6$ Да. Дозы γ -облучения составляли 0 – 10 Гр. Отметим, что облучение указанной дозой при используемых ионных силах не приводит к изменению равновесной жесткости и вторичной структуры молекулы ДНК, а вызывает только падение удельного объема макромолекулы [4]. В работе получены дозовые зависимости характеристической вязкости $[\eta]$ ДНК в области концентраций этанола меньших критической. Показано, что в этой области, так же, как и в случае меньшей ионной силы, наблюдается защитное действие спирта. При $C_{\text{эт}} \geq 7\%$ вес. происходит полная защита молекулы ДНК при дозе облучения 10 Гр.

Список публикаций:

- [1]. Frisman E. V., Slonitsky S. V., Veselkov A. N., *Int. J. of Quant. Chem.*, 1979, v. 16, p. 847-855.
- [2]. Фрисман Э. В., Зарубина О. П., Ю Зырянова И. М., Кухтин А. А., Тарасенко О. А., *Биофизика*, 1997, т. 42, вып. 1, с. 117
- [3]. Автореф. дисс. ... к. ф.-м. н. Пастон С. В. "Исследование влияния γ - и УФ-облучения на конформацию молекулы ДНК в водно-органических растворителях."
- [4]. Frisman E., Zarubina O., *Biophys. Chem.*, 1993, v. 46, p. 37 – 46.

Исследование изменений спектральных характеристик пульса человека при воздействии света разной длины волны

Зими́на Анна Юрьевна

Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН

Бороноев Виталий Васильевич

Lrbp@ofpsrv.bsc.buryatia.ru, Zimina_Anna2002@mail.ru

Проводилось исследование изменений диагностических параметров пульсовой волны при воздействии света разной длины волны на зрительные органы человека.

Пульсовые сигналы регистрировались с помощью автоматизированного пульсодиагностического комплекса, разработанного в лаборатории пульсовой диагностики Бурятского научного центра СО РАН, предназначенного для определения нозологических форм по классификации тибетской и европейской медицины и интегральной оценки состояния человека. Комплекс позволяет одновременно регистрировать сигналы с шести точек на лучевых артериях обеих рук человека,

которым, по канонам тибетской медицины, соответствуют пульсы двенадцати внутренних органов. Исследование диагностических параметров проводилось на примере 6 «плотных» органов: сердце, печень, селезенка, почки, легкие.

Наиболее простым и информативным считается способ оценки функционального состояния внутренних органов человека по спектральным характеристикам пульсовых сигналов. В качестве исследуемого параметра был выбран энергетический коэффициент [1,2] - отношение усредненной энергии W пульсового сигнала в полосе частот от 0,3 до 10 Гц (W_1) к соответствующей величине в полосе частот от 10 до 50 Гц (W_2):

$$\mathcal{EK} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{\int_{0,3}^{10} p(f)df}{\int_{10}^{50} p(f)df}.$$

В качестве визуальных стимулов в работе использовались четыре узкополосных светофильтра КС-11 (красный), ОС-11 (желтый), ЗС-1 (зеленый), СЗС-20 (синий). Воздействие визуальных стимулов проводилось по специально разработанной методике [3].

Проведенные измерения показали, что, в зависимости от цветопредпочтения испытуемого, наблюдается разная реакция на свет одной и той же длины волны. Так, предпочитаемый синий цвет вызывает повышение ЭК и уменьшение разброса значений ЭК (стабилизацию функционирования) пульсового сигнала, характеризующего деятельность почек. Предпочитаемый красный повышает ЭК, отражающий функционирование сердца, а в том случае, когда этот цвет является отвергаемым, он вызывает снижение ЭК, увеличивает разброс значений коэффициента сигнала в точках, которым соответствуют другие внутренние органы. Желтый цвет аналогичным образом изменяет характеристики сигналов в точках, соответствующий печени и селезенки. В случае его предпочтения другим цветам, вызывает уменьшение разброса значений ЭК сигналов во всех шести точках, т.е. синхронизацию функций других внутренних органов.

Таким образом, электромагнитные волны оптического диапазона вызывают изменения в функционировании внутренних органов человека. Эти изменения зависят не только от характеристик излучения (длина волны) но и от индивидуальных особенностей исследуемого.

Список публикаций:

- [1] *Cun T.Lee, Ling G.Wey. Spectrum analysis of Human Pulse // IEEE Transmission on Biomedical Engineering. – 1983. – ВМЕ-30, №6. – p. 348-352.*
- [2] *Бороноев В.В. Физические основы пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине: Дис. ... д. физ-мат наук. – Улан-Удэ, 1999. с. 171-175.*
- [3] *Рабчинский Ж.А., Антоненко А.Б., Бороноев В.В., Поплаухин В.Н. Исследование частотного спектра пульса человека при воздействии света разной длины волны // Всерос. научн.-практ. конф. «Прием и анализ СНЧ-колебаний естественного происхождения»: Тез. докл. - Улан-Удэ, 1993. - С. 24-27.*

Измерение поверхностных свойств биологических жидкостей.

Кадышева Светлана Сергеевна

Ковпак Елена Александровна

Алтайский государственный медицинский университет

Волков Валерий Иванович, д.т.н.

kadysheva.574@phys.dcn-asu.ru

Вещество, находящееся на поверхности раздела фаз, обладает свойствами, отличными от свойств этого вещества в объеме. В системах, которые обычно встречаются на практике и в теории, свободная поверхностная энергия ничтожно мала по сравнению с общей свободной энергией. В качестве известных примеров систем с относительно большой свободной поверхностной энергией можно назвать жидкости, заполняющие капилляры (например, в природных волокнах) или находящиеся в диспергированном состоянии (подобно каплям росы или дождя).

Изучение физико-химических свойств крови, мочи и желчи необходимо для выявления ряда заболеваний. Так пониженные вязкость крови и поверхностное натяжение связаны с анемией, а повышенная вязкость обуславливает полицитемию. Изучение поверхностного натяжения и вязкости крови осложняется ее быстрой свертываемостью, что приводит к не стационарности ее физико-химических свойств. Фактически все измерения физико-химических свойств биологических жидкостей, проведенных вне живого организма, идут с высокой степенью динамичности. В некоторых случаях на экспресс-анализ поверхностных свойств крови требуется существенно меньше времени, чем на традиционные методы измерения вязкости.

Данная работа посвящена определению коэффициента поверхностного натяжения воды в порах простейшей геометрии, между цилиндрами и сферами. Благодаря поверхностному натяжению при отсутствии внешних воздействий жидкость принимает форму шара (минимальная поверхность и минимальное значение свободной поверхностной энергии). Поверхностное натяжение не зависит от величины и формы поверхности, если объемы фаз достаточно велики по сравнению с размерами молекул. При повышении температуры, а также под воздействием *поверхностно-активных веществ* оно уменьшается.

Если форма капли не сферическая расчеты коэффициента поверхностного натяжения становятся не таким простым. Приведем пример расчета коэффициента поверхностного натяжения по измеренному объему жидкости, находящегося в порах между цилиндрами и сферами (см. рис.1).

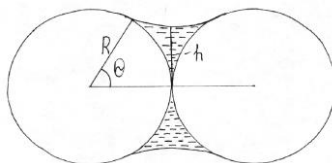


Рис.1

В расчетах и измерениях использовалась капиллярная модель «идеальной почвы» кубической упаковке (см. рис.2).

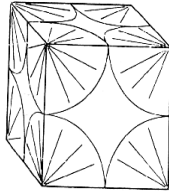


Рис.2

Зная объем жидкости и геометрические характеристики этого объема можно вычислить поверхностное натяжение жидкости.

Для расчета поверхностного натяжения жидкости, находящейся между соприкасающимися цилиндрами и шариками использовалось условие минимума потенциальной энергии объема жидкости.

Для объема между цилиндрами условие минимума потенциальной энергии записывается следующим образом:

$$U = 2\rho g l R^3 x^2 \left[-2(1 - \sqrt{1 - x^2}) - \arcsin(x) + \sqrt{1 - x^2} \right] - 2lR\sigma \left[2\arcsin(x) + (1 - \sqrt{1 - x^2}) \right] \quad (3)$$

где h – высота поднятия жидкости в капилляре, R – радиус цилиндров, $x = h/R$,

σ – коэффициент поверхностного натяжения, ρ – плотность жидкости,

l – длинна цилиндров.

Математический расчет приводит к следующему соотношению для вычисления поверхностного натяжения:

$$\sigma = \frac{2\rho g R^2 \left[x \left(\frac{5 + 3x^2}{\sqrt{1 - x^2}} - 4 \right) - \arcsin(x) \right]}{\frac{4 + 2x}{\sqrt{1 - x^2}}} \quad (4)$$

Условие минимума потенциальной энергии для объема между шариками записывается следующим образом:

$$U = \frac{1}{4} \rho \pi g R^4 x^3 \left[\left(2 - \frac{x}{2} \right) - \frac{1}{3} \left(3 - \frac{x}{2} \right) \right] - 2\sigma \pi x R^2 \left[2 + x \sqrt{2x \left(2 - \frac{x}{2} \right)} \right] \quad (5)$$

где R – радиус шариков.

Для расчета поверхностного натяжения получена зависимость:

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2} \rho g R^2 x^2 \left(\frac{1}{6} x^2 + \frac{5}{24} x + \frac{1}{4} \right)}{4 - \frac{\sqrt{2} x^2}{\sqrt{x \left(2 - \frac{x}{2} \right)}}} \quad (6)$$

Измерив высоту поднятия жидкости h и подставив численные значения для цилиндров $R = 0,0124$ м в формулу (4) получили значение поверхностного натяжения $\sigma = (0,078 \pm 0,004)$ Н/м², для шариков радиуса $R = 0,01$ м, используя формулу (6), вычисленное значение поверхностного натяжения равно $\sigma = (0,075 \pm 0,002)$ Н/м². Как видно из таблицы(1) полученные результаты достаточно близко от истинного значения.

Вывод: В результате исследования была разработана методика для определения поверхностного натяжения жидкости, с использованием простейших геометрических форм: сферы и цилиндра.

Список публикаций:

- [1]. Кадышева С.С., Борозденко Д.А. Межфазное взаимодействие на границе раздела.//Тезисы Всероссийской конференции «Теория и приложения задач со свободными границами». Барнаул, 2002
- [2].Кадышева С.С, Шлыков И.Д., Спасенко П.Н. Исследование поверхностного натяжения и краевого угла.//Тезисы III Сибирской научной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Физика, радиофизика – Новое поколение в науке», Барнаул, 2002.
- [3]. Кадышева С.С., Борозденко Д.А. Исследование поверхностного взаимодействия воды с границами различной кривизны. Тезисы VII Всероссийской конференции молодых ученых «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики». Новосибирск, 2002.

Исследование спектров биолюминесцентной реакции светляков в присутствии красителей

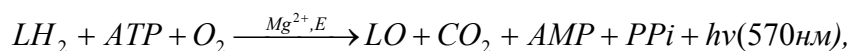
Кириллова Тамара Николаевна

Красноярский Государственный Университет

Немцева Елена Владимировна, к.ф.-м.н

Kirtonik@mail.ru

Свечение живых организмов, или биолюминесценция, присуще многим живым организмам, например, бактериям, моллюскам, насекомым и др. Биолюминесценция возникает при окислении субстрата, названного люциферином, кислородом воздуха, в присутствии фермента – люциферазы [1]. Наиболее интересной является биолюминесцентная реакция, протекающая в светящихся органах (лампочках) жуков-светляков:



где LH_2 – люциферин, АТФ – аденозин-5-трифосфат, O_2 – кислород воздуха, Mg^{2+} -ионы магния, E - люцифераза, LO – оксилуциферин, CO_2 – углекислый газ, AMP – аденозин-5-монофосфат, PPi – пирофосфат, $h\nu$ – квант света.

Эмиттером в этом процессе является оксилуциферин (LO) в синглетном электронно-возбужденном состоянии. Механизм его образования в ходе реакции все еще не выяснен до конца. Биолюминесцентные реакции светляков отличаются высокой эффективностью – их квантовый выход почти равен 1.

Существует гипотеза об активности высоковозбужденных состояний эмиттера в биолюминесцентных реакциях. Для эмиттера бактериальной биолюминесценции высоковозбужденные состояния были экспериментально обнаружены с помощью молекулярных акцепторов энергии [2].

Целью данной работы являлось изучение спектров биолюминесцентной реакции светлячков в присутствии соединений с разными спектрально-люминесцентными свойствами. Была изучена возможность переноса энергии электронного возбуждения с эмиттера биолюминесценции на экзогенные молекулы красителей.

В экспериментах использовали: рекомбинантную люциферазу *Luciola mingrelica* и люциферин, предоставленные кафедрой химической энзимологии МГУ им. М.В. Ломоносова; трис-ацетатный буфер (pH=7,8), содержащий MgSO₄ и EDTA; аденозин-5-трифосфорную кислоту (АТФ) (Reanal, Венгрия); красители марки ч.д.а. Все растворы готовили на дистиллированной воде.

Спектры флуоресценции снимали на люминесцентном спектрометре Amnisco-Bawman Series 2 (США). Все спектры корректировались на чувствительность спектрометра с помощью встроенной программы. Спектры поглощения красителей измеряли с помощью спектрофотометра UVIKON 943 (Франция).

Был подобран ряд соединений (флуоресцентных и нефлуоресцентных) с разными интегралами перекрытия спектра поглощения со спектром биолюминесценции (J, ν) и максимумами флуоресценции (Δ) (рис. 1). Были изучены изменения формы спектров биолюминесцентной реакции в присутствии разных концентраций этих веществ (от 2·10⁻⁶ М до 5·10⁻⁴ М).

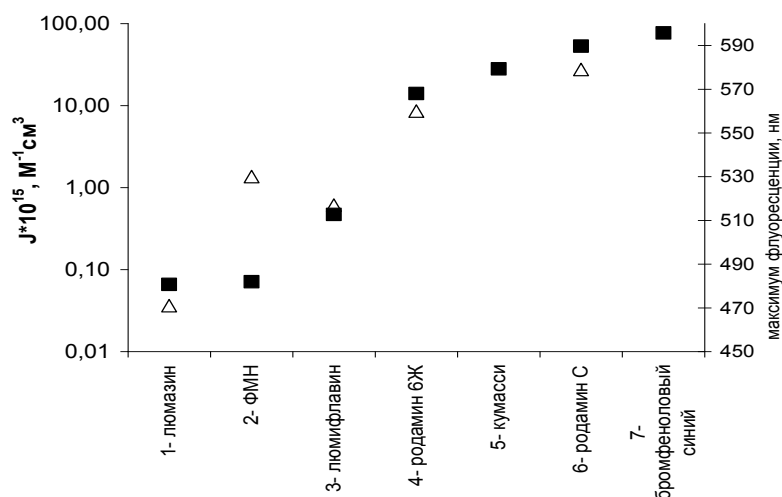


Рис.1

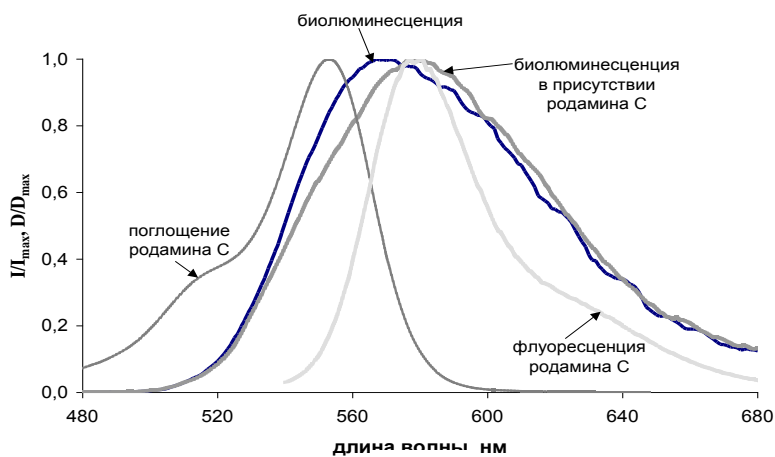


Рис2

Было зарегистрировано изменение формы спектра биолюминесценции в присутствии соединений, характеризующихся большим интегралом перекрытия (№ 4-7, рис.1). Изменение формы спектра биолюминесценции было вызвано как поглощением красителей, так и их флуоресценцией (рис.2).

Не наблюдалось изменение формы спектров в присутствии соединений, характеризующихся малым или нулевым интегралом перекрытия (№1-3, рис.1).

Полученные закономерности были объяснены недоступностью активного центра люциферазы светлячков для экзогенных молекул (по сравнению с люциферазой бактерий). Возможно, именно это

препятствует сближению молекул красителей с эмиттером на расстояния, достаточные для осуществления переноса энергии с высоковозбужденных состояний.

Работа выполнена при поддержке гранта REC-002 Министерства образования Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития для независимых государств бывшего Советского Союза, программа «Фундаментальные исследования и высшее образование», гранта РФФИ №01-03-32843.

Список публикаций:

[1] Угарова Н.Н., Бровка Л.Ю., Кутузова Г.Д., *Биохимия*, 58(9), 1351-1370 (1993).

[2] Kudryasheva N.S., Nemtseva E.V., Meshalkin Yu.P., Sizykh A.G., *Luminescence*, 16, 243-246 (2001).

Проблемы медицинской физики в валеологии.

Ковпак Елена Александровна

Кадышева Светлана Сергеевна

Алтайский Государственный Университет

Волков Валерий Иванович, д. т. н.

kadisheva.574@phys.dcn-asu.ru

Физические методы исследования здоровья человека играют важнейшую роль в диагностике состояния живого организма. В данной работе предполагается на основании минимального числа внешних факторов определить биогенез организма и дать рекомендации по улучшению его физического состояния, занимающегося умственной работой. Сейчас большинство людей, которые работают с компьютером, не задумываются о его строении. Представьте себе, тело человека - это черный ящик. Мы не знаем, как он функционирует внутри, но зато знаем все его внешние функции, и необязательно заглядывать внутрь. Тем более что большая часть здоровых людей даже не задумывается об этом. Каждый человек в той или иной степени является больным. И идеально здоровых людей просто не существует. До настоящего времени считают, чтобы было меньше больных, их нужно лучше лечить. К сожалению, болезнь сегодня изучена лучше, чем здоровье. На сегодняшний день очень важна профилактика болезней. Здесь очень интересен следующий аспект профилактики заболеваний организма, связанный с активным отдыхом человека, который весьма важен для людей, занимающихся умственной работой, включая, например, некоторую часть студентов. В связи с этим возникает вопрос о соотношении психической и физической нагрузки в трудовой деятельности и на отдыхе. Что же в конечном итоге является более полезным: эмоциональная разгрузка или физические упражнения или и то и другое? В основе эмоций лежит физиологическая активизация определенных структур мозга, отвечающих как за переживание, так и за поведение человека. При этом интенсивность эмоций зависит от степени активации, а направленность эмоций от того, как человек воспринимает те или иные явления или события. Положительные эмоции способствуют сохранению или укреплению здоровья и долголетию, отрицательные – ухудшают здоровье и угнетают защитные силы организма. Оптимисты менее подвержены заболеваниям сердечно-сосудистой системы “Сердце веселое – благотворное лекарство, а дух унылый сушит кость” – сказано в Притчах царя Соломона. В результате эволюции человека за определенными чувствами закрепились характерные моторные выражения. Моторный компонент обязателен при любой эмоциональной реакции, при любом эмоциональном состоянии. В более широком понимании к

806

выразительным движениям относятся и физиологические реакции, сопровождаемые эмоциями – сосудистые, дыхательные, секреторные. Известно, что мышцы человека, занимающегося спортом ранее, обладают уникальной способностью, быстрее реагируют на физические упражнения, чем мышцы человека, не занимавшегося физическими упражнениями, т.е. мышцы обладают памятью. Великий русский физиолог И.П. Павлов ввел понятие “мышечной радости”, обозначив этим удовольствие, бодрость, радость при движениях. Из всех видов физической активности человеку необходима нагрузка, при которой увеличивается снабжение организма кислородом, для этого мышцы должны работать без перенапряжения. Т. е. упражнения должны быть “аэробными”. Очень важен эмоциональный настрой при занятиях физическими упражнениями. Ведь, если не давать выходу эмоциональным переживаниям, то следует агрессия, в некоторых случаях доходящая до физического насилия. Рассмотрим телевизионных болельщиков. На этом примере ясно прослеживается перекос между физической и эмоциональной нагрузкой, приводящий к негативным последствиям. Телевизионные болельщики, сидя перед телевизором, на мягком диване не испытывают физической нагрузки. Хорошо, если такой болельщик занимается каким - либо видом спорта, а если нет, то он действительно болен своеобразной болезнью, называемой гиподинамией. Вообще говоря, показ спортивной игры по телевизору – это чистой воды подмена двигательной активности, это легкий путь проведения времени.

И все-таки от собственно занятий двигательной активностью происходит изменение личности. Человек испытывает ощущение счастья, радости, благополучия. При адекватной физической нагрузке происходит выброс в кровь эндорфинов из гипоталамуса и гипофиза, который обладает морфиноподобным действием, они создают ощущение радости и блаженства. При адекватной повторяющейся физической нагрузке выделение эндорфинов усиливается. Человек более уверен в себе и энергичен. Не стоит пренебрегать физической стороной своей сущности. Нужно стремиться к совершенству физическому и интеллектуальному. Важно равное соотношение этих состояний. Не надо доводить себя до хронического утомления ни в умственном ни в физическом труде.

При напряженной умственной работе физическая нагрузка подпитывает энергией те отделы головного мозга, которые в дальнейшем будут работать, и испытывать серьезные эмоциональные нагрузки. Рассмотрим на примере такого вида спорта как шахматы. Перед матчем игроки уделяют серьезное внимание физическим упражнениям, так как шахматный матч – это недюжинная умственная работа. Без предварительной физической активности, шахматист может просто “сломаться”. Да и вообще жизнь слишком многообразна, чтобы, изменяя одну ее сторону забывать о другой. Хороший заряд эмоций дает физическая активность, это живительная сила для умственной деятельности и для полноценной творческой жизни.

Список публикаций:

[1] Альтиуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии. Кишинев, 1989.

Люминесцентная система бактерий: регуляция и представление в базе данных светящихся организмов BIOLUMBASE

Котов Дмитрий Алексеевич

Медведева Светлана Евгеньевна

Красноярский Государственный Университет

Институт биофизики СО РАН

Медведева Светлана Евгеньевна, к.б.н.

ccibso@ibp.ru

Светящиеся бактерии являются уникальными микроорганизмами, способными к люминесценции, которые широко и успешно используются в фундаментальных и прикладных исследованиях. Люминесценция - это ферментативная реакция, конечным продуктом которой является излучение света определенной длины волны, интенсивности, длительности. Интенсивность и динамика биолюминесцентного сигнала позволяет оценить регуляцию, уровень и стабильность экспрессии не только *lux*-генов, обуславливающих свечение, но и – косвенно – других генов, что при использовании иных методов требует более длительного и дорогостоящего анализа. Недостаточная информация контроля экспрессии и активности ферментов люминесцентной системы ограничивает ее использование как в системах *in vivo* и *in vitro*, так и при клонировании в новых штаммах-носителях, где взаимосвязь люминесценции и метаболической активности зачастую не учитывается.

Задачами работы являлось изучение регуляции люминесценции светящихся бактерий на средах с различной концентрацией питательных веществ и представление сведений о бактериальной люминесцентной системе в информационной базе данных светящихся организмов “BIOLUMBASE”.

У морских светящихся бактерий в процессе длительной эволюции выработалась система регуляции экспрессии *lux*-генов, позволяющая клеткам варьировать уровнем интенсивности свечения в широком диапазоне. Эксперименты по определению зависимости динамики биолюминесценции от состава питательной среды показали, что стабильность люминесценции при длительном хранении на определенных модельных средах различна для разных экологических групп (изучен 21 музейный штамм). Показано, что для поддержания генофонда коллекции с высоким уровнем биолюминесценции большинство штаммов необходимо хранить на полусинтетической среде.

Полученные результаты внесены в базу данных светящихся организмов “BIOLUMBASE”, основной задачей которой является сбор всей и любой информации об организмах с маркерными *lux*-генами любого типа. База данных разработана под управлением СУБД Sybase SQL Anywhere 6.0.2 [1]. Раздел «Природные светящиеся микроорганизмы» создается на базе Коллекции Культур Института Биофизики СО РАН, которая содержит около 700 штаммов светящихся бактерий, выделенных из различных точек Мирового океана. Подраздел «люминесцентная система» является ключевым для базы данных (рис.1). В нем представлены многогранные сведения о люминесцентной системе природных светящихся бактерий: феноменология, структура, кинетические характеристики, связь с общим метаболизмом клетки, влияние на люминесценцию физико-химических факторов, регуляция и контроль экспрессии *lux*-генов. Вся информация о люминесцентной системе природных светящихся бактерий

содержится в более чем 30 полях таблиц базы данных. Спектральные характеристики, квантовый выход, скорость возникновения и существования возбужденных состояний, характер излучения, структурная организация являются наиболее значимыми среди остальных свойств люминесцентной системы. Именно этот подраздел является центральным звеном, через которое осуществляется связь с другими разделами базы данных, в частности, с разделом по трансгенным светящимся организмам, в котором отражены генетические характеристики люминесцентной системы. В сети Интернет нет баз данных, отражающих возможности применения биолюминесцентных систем в фундаментальных исследованиях и различных технологиях. Уже сейчас БД "BIOLUMBASE" может быть использована при решении широкого круга задач фундаментальных и прикладных задач, в которых используются светящиеся бактерии, выделенная из них люминесцентная система и клонированные в других микроорганизмах *lux*-гены.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (00-07-90111, 02-07-06093-мас).

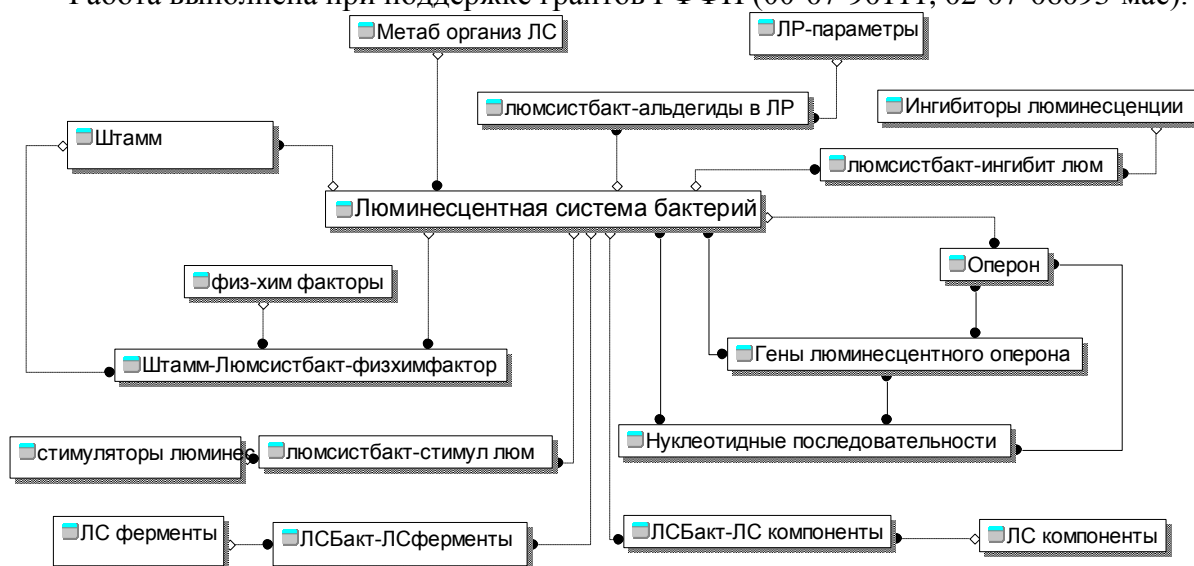


Рис.1. Схема центрального блока "Люминесцентная система" базы данных "BIOLUMBASE",

Список публикаций:

[1] Бояндин А.Н., Д.А. Котов, Д.В. Лесняк, С.Е. Медведева, Л.Ю. Попова, Э.К. Родичева, Электронная Конференция «Информационно-вычислительные технологии в решении фундаментальных научных проблем и прикладных задач химии, биологии, фармацевтики, медицины»—<http://www.ivtn.ru/1-session/enter> ИВТН-2002, 10 стр, (2002)

Исследование электронной структуры гемоглобина на основе анализа рентгеновских L эмиссионных полос железа

Кравцова Антонина Николаевна

Ростовский государственный университет

*Солдатов Александр Владимирович, д.ф-м.н., Штехин Илья Евгеньевич, к.ф-м.н.
kravtsova@phys.rsu.ru*

Рентгеновская спектроскопия в настоящее время является мощным методом исследования локальной и электронной структуры молекул и твердых тел. Цель представляемой работы заключалась в исследовании электронной структуры человеческого гемоглобина на основе анализа рентгеновских эмиссионных спектров.

Экспериментальные рентгеновские L эмиссионные полосы железа в гемоглобине были получены в университете Каназавы (Япония) проф. Курмаевым Э.З.

Проведен теоретический анализ L3 эмиссионной полосы железа в гемоглобине. Для расчета использовалась симметризованная идеальная молекула человеческого гемоглобина. Расчет проводился с помощью программы Feff8. Сравнение экспериментальных и теоретических данных приведено на *рис.1*. Получено хорошее согласие теории и эксперимента. Был также проведен расчет Fe L3-XES в гемоглобине, для случая, когда в молекуле отсутствовали 4 атома азота, лежащие ближе всего к атому железа в плоскости XY. В этом случае на теоретическом спектре отсутствовала особенность A. Следовательно, можно заключить, что деталь A спектра обусловлена влиянием атомов азота, лежащих вокруг центрального атома железа в плоскости XY.

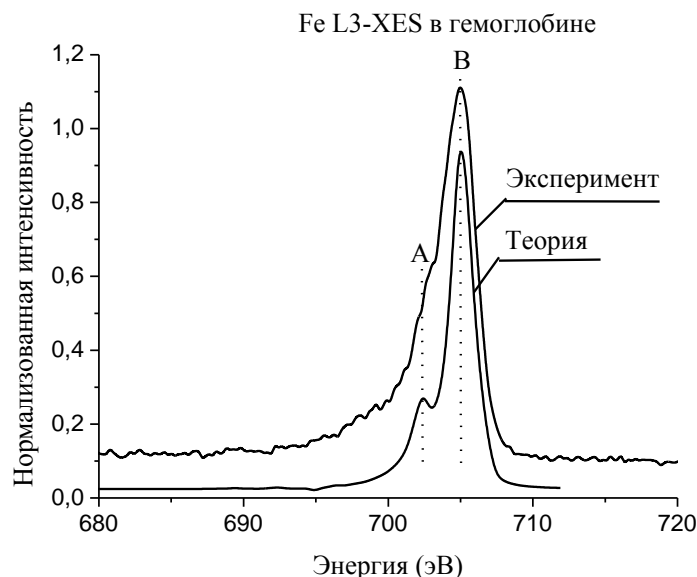


Рис. 1.

Моделирование процесса релаксационных колебаний токов мембраны клетки водителя ритма сердца

Красавина Зоя Витальевна

Сыктывкарский государственный университет

Котов Леонид Нафанаилович

shutrik@mail.ru

Целый ряд процессов в биофизике сложных систем рассматриваются по аналогии с процессами в радиофизических системах (как наиболее подробно исследованных). В свое время важную роль в исследовании биофизических систем сыграла аналоговая электрическая модель возбудимой мембраны, предложенная Ходжкиным-Хаксли (см.рис.1).

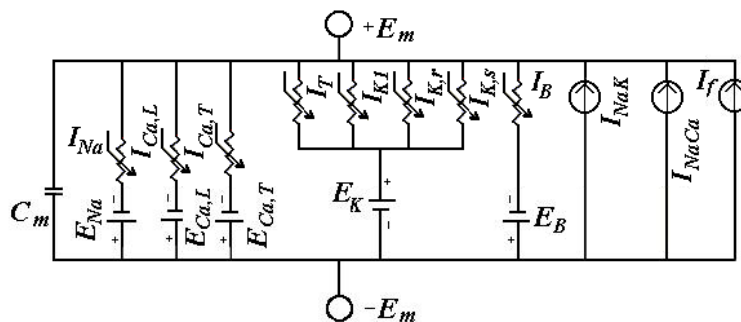


Рис.1

В генерации мембраны клетки водителя ритма сердца, задающей ритм всего сердца, участвуют более 25 ионных токов. В настоящее время не удастся экспериментально одновременно измерить все основные токи в связи их малой абсолютной величиной и нелинейностью процессов генерации, поэтому для исследования процессов в таких системах целесообразным становится использование физических, аналоговых и математических моделей. Данная работа посвящена моделированию и изучению поведений основных токов участвующих в процессе генерации клеток водителя ритма сердца. Возбуждение мембраны (см. рис.1) описывается уравнением Ходжкина-Хаксли [2]:

$$C_m \frac{dE_m}{dt} = -\sum I_i, \quad (1)$$

Где C_m - емкость мембраны, I_i - ионные токи через мембрану, E_m - разность потенциалов, называемая потенциалом действия. Полная сумма ионных токов через мембрану клетки будет иметь вид:

$$I_{TOT} = I_f + I_k + I_{to} + I_{b,Na} + I_{b,Ca} + I_{NaCa} + I_{Na} + I_{Ca} + \dots, \quad (2)$$

где I_f - ток гиперполяризации (возникает при $E_m = -90 мВ$), I_K - калиевый ток задерживаемого выпрямления (состоит из двух компонент: $I_{k,r}$ - медленный

калиевый ток и $I_{k,s}$ – быстрый калиевый ток), I_{to} – выходящий наружу калиевый кратковременный ток (транзиторный), $I_{b,Na}, I_{b,Ca}$ – натриевый и кальциевый токи утечки, I_{NaCa} – ток натрий - кальциевого обменного насоса, во время которого одна молекула кальция выводится и три молекулы натрия поступают в клетку, I_{Na} – (быстрый) натриевый ток, I_{Ca} – входящий кальциевый ток (состоит из продолжительного $I_{Ca,L}$ и кратковременного $I_{Ca,T}$ компонентов).

Моделирование системы дифференциальных уравнений осуществлялось подстановкой функции, описывающей потенциал действия, которая находилась с учетом экспериментальных данных. На основе решения (1) получены вольтамперные характеристики основных токов, участвующих в генерации клеток водителя ритма сердца. Полученные вольтамперные характеристики для большинства элементов эквивалентной электрической схемы возбудимой мембраны клетки совпадают с теоретическими данными, полученными ранее другими авторами [2,3]. При дальнейшем моделировании согласовали полученные данные с имеющимися экспериментальными данными аналогичных клеток. В результате были получена модель, описывающая реальные процессы релаксационных колебаний токов клетки (рис.2).

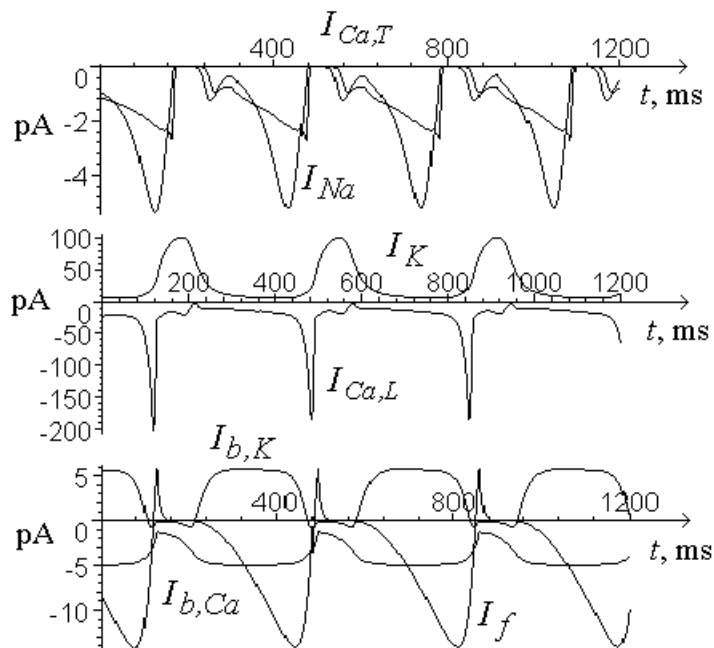


Рис.2

В дальнейшем планируется создать демонстрационную модель динамики потенциала действия и колебаний токов в зависимости от изменяющихся параметров концентрации ионов или от блокирования каналов.

Список публикаций:

- [1] Иваницкий Г.Р., Кринский В.И., Сельков Е.Е. Математическая биофизика клетки М., “Наука”, 1978. 308 с.
- [2] Demir SS, Clark JW, Murp hey CR, Giles WR. A mathematical model of a rabbit sinoatrial node cell. *AmJ Physiol.* 1994; 266: C822-C852.
- [3] Zhang et. al. *Amer. J. Physiology.* 2000; 297 part 2 (1): H397-H421.

Структура водных растворов комплексов поливинилпирролидона и фуллерена

Краснов Илья Леонидович

Тарасова Эльвира Владимировна, Шнырков Александр Александрович

Санкт-Петербургский государственный Университет

Кленин Станислав Иосифович, к. ф-м. н. ИВС РАН

kross@tut.by, kross_by@rambler.ru

Фуллерен является четвёртым аллотропным состоянием углерода, со своими интереснейшими свойствами. Одним из свойств фуллерена является его растворимость в неполярных растворителях (в отличие от графита или алмаза), но он практически нерастворим в полярных растворителях. Другим важным свойством является высокая биологическая (антивирусная) активность фуллерена, и потому большой интерес представляют именно его водные растворы. Для исследования взаимодействия фуллерена с водой приходится создавать фуллеренсодержащие полимерные комплексы на основе водорастворимых полимеров, в данном случае использовался поливинилпирролидон (ПВП) и карбофуллерен C_{60} и C_{70} .

Существует два способа создания ФСП: образование химических связей между полимером-носителем и фуллереном или сорбционных связей, обусловленных гидрофобным взаимодействием полимера и фуллерена. Однако в первом случае образование ковалентных связей достаточно сильно изменяет естественную структуру молекулы фуллерена и меняет его свойства. Поэтому при создании ФСП предпочтение отдается второму методу.

Настоящая работа является частью работы, проводимой в ИВС РАН в г. Санкт-Петербурге. Многие данные и результаты были получены сотрудниками института и являются основой для данной работы и последующих исследований [1].

В данной работе были использованы два абсолютных метода определения молекулярных весов: методы седиментационно-диффузионного анализа и статического и динамического рассеяния света растворами исследуемых комплексов, отличающихся как молекулярным весом полимера-носителя ($(10-50) \times 10^3$), так и концентрацией фуллерена (0,3-0,8 % по отношению к весу ПВП).

Полученные из статических методов (светорассеяние) молекулярные массы M_w частиц в растворе имеют величины почти на два порядка выше, чем молекулярные массы, полученные из седиментации и диффузии. Этот факт свидетельствует об образовании в водных растворах ПВП - фуллерен достаточно стабильных наноструктур (доменов), которые, однако, разрушаются под действием гидродинамических полей. Можно предположить, что образование этих структур происходит с участием растворителя и определяет биологическую активность этих растворов. Были определены молекулярные веса ($(1.5 - 15) \times 10^6$) и размеры (60 – 100 нм) образующихся доменов.

Сравнительное исследование комплексов с C_{60} и C_{70} для одинакового полимера носителя и одной и той же концентрации фуллерена, показали, что домены с комплексами ПВП - C_{60} более чем в 2,5 – 3 раза больше, чем с фуллереном C_{70} . По-видимому, этот факт является следствием различия в π -электронной структуре молекул C_{60} и C_{70} [2].

Таким образом, приведённые выше результаты свидетельствуют, что:

1. В разбавленных водных растворах комплексов полимер – фуллерен (как C₆₀, так и C₇₀) обнаружены межмолекулярные взаимодействия, приводящие к самоорганизации пространственно – упорядоченных наноструктур.
2. Замена формации C₆₀ на C₇₀ уменьшает этот эффект.
3. Регулирование молекулярного веса и размеров наноструктур в растворах может осуществляться через варьирование структуры и/или молекулярного веса полимера – носителя и содержание фуллерена в комплексе.

Список публикаций:

[1] С.И. Кленин, М.Л. Сушко, М.А. Думпис, Л.И. Познякова, Л.Б. Пиотровский, ЖТФ, 2000, т. 70, №3 с.27-32.

[2] Л.А. Грибов, Б.К. Новосадов, Журнал Структурной Химии 99г. том 40, №3. с.582-585.

Энтропийные методы классификации аминокислот в белках.

Кудряшев Михаил Александрович

Красноярский Государственный университет

Горбань Александр Николаевич, д.ф-м.н.

m_kudr@hotmail.ru

В работе представлен метод классификации аминокислот, основанный на информационных характеристиках белковой последовательности. Аминокислоты разбиваются на два класса таким образом, чтобы после перекодировки информация, содержащаяся в частотном словаре отдельно взятой последовательности, была максимальной. Задача нахождения глобального максимума является полнопереборной, поэтому в работе рассмотрен ряд алгоритмов, позволяющих снизить временные затраты, но не гарантирующих попадание в глобальный максимум. Проведен сравнительный анализ этих алгоритмов на примере белков семейства цитохромов.

Формально ДНК и белки представляют собой длинные последовательности, составленные из элементарных единиц – символов. Важной задачей является определение упорядоченностей в этих текстах. Наличие упорядоченности может быть понято как отличие от текста, полученного случайными перестановками элементарных единиц исходного текста.

Например, статистический частотный анализ слов в последовательностях ДНК применяется для выделения в них различных структур. Аналогичные исследования белковых последовательностей затруднены тем, что белковые последовательности "записаны" в 21 буквенном алфавите. При характерной длине белков в 400 аминокислот, невозможно оценивать даже частоты встречаемости пар аминокислот (слов длины 2, их количество $21^2=441$).

Для того чтобы иметь возможность статистически оценивать частоты слов в белках необходимо "уменьшить" алфавит, т.е. разбить аминокислоты на несколько классов и, в соответствии с этим, перекодировать последовательность. При этом информативность текста уменьшится, но мы будем иметь возможность оценивать частоты встречаемости слов различной длины в перекодированном тексте.

В настоящей работе рассматривается информационный подход к классификации аминокислот в белковых текстах. Задача состоит в том, чтобы разбить символы (аминокислоты) на несколько классов таким образом, чтобы белковая последовательность, записанная в новом алфавите максимально отличалась от случайной (случайной называется последовательность, составленная из аминокислот данной, но переставленных в случайном порядке). В качестве меры отклонения последовательности от случайной, будем использовать

$$I = \sum_i p_i \ln (p_i/p_i^*). \quad (1)$$

Здесь: p_i – частота встречаемости i -ого слова, определяемая прямым вычислением по белковой последовательности; p_i^* – теоретическая частота данного слова, определяемая как произведение частот составляющих его символов.

(1) имеет смысл обратной энтропии или информации. Эта функция неотрицательна и обращается в ноль, только если $p_i = p_i^*$, то есть для случайной последовательности. Метод классификации основан на максимизации функции, представляющей информационное содержание отдельно взятой последовательности.

Рассмотрим некоторую белковую последовательность длины N . Задача бинарной классификации состоит в следующем. Необходимо построить отображение

$$\{A, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, V, W, Y\} \rightarrow \{0, 1\},$$

так чтобы для данной белковой последовательности, записанной в новой кодировке $\{0, 1\}$ $I = \sum_i p_i \ln (p_i/p_i^*) \rightarrow \max$, где i нумерует все возможные слова некоторой длины в $\{0, 1\}$ алфавите.

Будем искать наилучшую бинарную классификацию (разбиение на 2 класса) построенную по словарю длины два. На решении этой задачи были протестированы следующие методы:

1. Полный перебор всех возможных вариантов классификаций и выбор наилучшей. Единственный из методов гарантированно позволяет получить глобальный максимум (1), но имеет высокую вычислительную сложность.

2. Начиная с некоторого начального разбиения, последовательное перемещение одной аминокислоты в другой класс. Очевидно, что при перемещении аминокислоты из одного класса в другой, изменяются частоты встречаемости символов в тексте, записанном в 2 буквенном алфавите. То есть изменяются p_i, p_i^* , а следовательно и (1). Из всех возможных вариантов выбирается тот, который соответствует наибольшему увеличению (1). Этот метод дает выход на локальный максимум, поэтому вычисления проводились для 100 случайных начальных классификаций, после чего выбиралась лучшая.

3. Является продолжением п.2. После выхода на локальный максимум перемещением одной аминокислоты рассматриваются все возможные варианты перемещения пар, троек и т.д.

4. Популярный в настоящее время «генетический алгоритм», который состоит в моделировании жизни популяции, составленной из особей-классификаций. В ходе «скрещиваний» они обмениваются данными по механизму кроссинговера. Значение (1) является аналогом приспособленности особи. Вероятность скрещивания пропорциональна приспособленности особи, т.е. значению (1). В ходе эволюции

средняя приспособленность популяции возрастает. Результатом метода будет классификация, имеющая наибольшее значение (1) на момент окончания скрещиваний. В работе рассматривался жизненный цикл популяции из 1000 особей при 100 скрещиваниях.

В работе проведено сравнение методов по быстродействию и эффективности нахождения максимума искомой функции. В результате лучшим оказался метод одномерного градиентного спуска (п.2), дающий совпадение с результатом полного перебора в 99,1% случаев. Этот алгоритм работает в среднем на два порядка быстрее полного перебора. Самый низкий результат показал метод 4. Генетический алгоритм находит наилучшую классификацию в 36% случаев, расходуя на это время в 9 раз больше, чем метод 2.

Получены бинарные классификации аминокислот для 116 белков семейства цитохромов. Произведено сравнение полученных классификаций аминокислот с известными классификациями по физико-химическим свойствам.

О сертификации фармацевтического препарата физическими методами на примере стрептомицина

Кузнецов Александр Алексеевич

Кухлевская Татьяна Олеговна

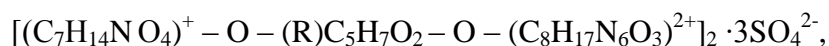
Красноярский Государственный Университет

Фалалеев Олег Владимирович, к.ф.-м.н.

rsa@iph.krsn.ru

В последние годы среди физических методов ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения наиболее эффективно используется при анализе лекарственных препаратов. На примере стрептомицина сульфата продемонстрированы преимущества ЯМР ^{13}C (перед используемым в настоящее время ЯМР ^1H) при установлении подлинности производственного фармакопейного продукта.

В докладе приводятся результаты изучения стрептомицина сульфата. Препарат выпускается в виде порошка белого цвета, хорошо растворимого в воде (и практически нерастворимого в спирте, хлороформе, эфире). Химическую формулу растворенного в воде стрептомицина сульфата $(\text{C}_{21}\text{H}_{39}\text{N}_7\text{O}_{12}) \cdot 3\text{H}_2\text{SO}_4$ наиболее адекватно представить в таком виде



где $\text{R} = -\text{CHO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow -\text{CH}(\text{OH})_2$. Заключенная в большие квадратные скобки органическая молекула состоит соответственно из трех частей: метилглюкозаминовой, стрептозной (пятичленный гетероцикл с присоединенным R) и стрептидиновой (с двумя гуанидиновыми группировками). Такое представление отражает два важных для ЯМР обстоятельства: а) наличие в водном растворе анионов SO_4^- , что переводит органическую молекулу в катионную форму и б) отсутствие стабильной альдегидной группировки в стрептозном кольце, что предполагает интенсивный обмен ее протона с протонами молекул воды.

В спектре ЯМР ^1H раствора чистого стрептомицина сульфата в D_2O ($\text{C} \approx 10$ мг/мл, T комн.) присутствуют как отдельные линии, так и несколько сложных сильно перекрывающихся групп линий. Имеется очень интенсивная компонента – огибающая большого числа перекрывающихся резонансов, которая превышает по интенсивности остальные линии спектра более, чем на порядок. Фактически в спектре присутствует более тридцати мультиплетов, поскольку эквивалентными можно считать, пожалуй, только протоны в метильных группах (благодаря интенсивному вращению последних вокруг σ -связей). Вносят свой вклад и остаточные протоны тяжелой воды, которые совпадают с отмеченной интенсивной линией.

Таким образом, используемые для тестирования линии спектра позволяют кроме шести протонов метильных групп контролировать состояние еще лишь четырех протонов, среди которых, скорее всего, вообще нет протонов из стрептидинового кольца. Не заостряя внимания на том, что наш спектр не подтверждает дублетный характер предпоследней линии, впрочем, как и некоторые числовые значения химического сдвига (ХС, измеряемого в миллионных долях, мд), подчеркнем, что вне контроля остается подавляющее количество протонов молекулы стрептомицина. Наиболее информативную часть спектра (от 3.4 до 5.0 мд) можно было бы пытаться контролировать по принципу “отпечатков пальцев”, т.е. сравнивая огибающую спектров тестируемого и эталонного образцов. Однако, применительно именно к стрептомицину, в спектре которого перекрывающиеся довольно сложные мультиплеты соседствуют с очень интенсивной линией, идеология “отпечатков пальцев” не применима. Поскольку в интенсивной линии заключена информация о половине из “неподконтрольных” протонов (по-видимому, все гидроксильные и аминовые), - то даже расшифровка центральных мультиплетов (от 3.4 до 4.5 мд.) не обещает достаточно жесткого контроля подлинности рассматриваемого препарата (не говоря о контроле наличия примесей). К этому необходимо добавить, что положение интенсивной линии (которая “гуляет” по меньшей мере на 0.5 мд.), равно как и степень разрешенности центральных мультиплетов сильно зависят от условий регистрации спектров; при этом недостаточно фиксирования только pH, C и T раствора.

В то же время в спектроскопии ЯМР ^{13}C имеются уже хорошо отработанные методики искусственного подавления спин-спиновых взаимодействий резонансных ядер с окружающими протонами. Это позволяет полностью избавиться от мультиплетов, т.е. получить для каждого из структурно-неэквивалентных атомов углерода отдельную спектральную линию. Даже для углеродов гуанидиновых группировок нами получены хорошо разрешенные отдельные линии.

В докладе подробно проанализированы вопросы, связанные с отнесением спектральных линий к углеродным позициям молекулы стрептомицина. Как обычно это делается на основе систематизации большого массива данных о химических сдвигах (ХС) ядер ^{13}C в аналогичных фрагментах надежно изученных органических молекул. Естественно, что привязка линий не всегда однозначна и в будущем может уточниться. Однако такого рода уточнения не являются принципиальными для доказательства подлинности стрептомицина сульфата: важно, что любая другая молекула с 21 атомами углерода будет иметь другой набор значений ХС (в пределах точности порядка 0.1 мд).

Разумеется, условия регистрации спектров ЯМР ^{13}C тоже необходимо контролировать. Однако требования здесь существенно менее жестки: от условий

регистрации зависит лишь относительная амплитуда пиков и, возможно, общее небольшое смещение всего спектра в шкале ХС. Что касается контроля относительной интенсивности пиков, - здесь важно лишь не пропустить наличия структурно-эквивалентных атомов углерода (что является относительно простой проблемой).

Таким образом, преимущества ЯМР ^{13}C перед ^1H в надежности подтверждения подлинности стрептомицина сульфата существенно перекрывают его неприципиальные недостатки (большая навеска образца, большее время регистрации спектра и др.). Несомненно, этот вывод справедлив для подавляющего количества фармакопейной продукции. Прежде всего это проявится при необходимости идентификации органических примесей. Конечно же, ЯМР высокого разрешения желательно использовать в оптимальном комплексе физико-химических методов, особенно для выявления малых количеств примесей, поскольку чувствительность ЯМР не является его сильной стороной.

Работа выполнена на спектрометре ЯМР AVANCE 200 в Красноярском региональном центре коллективного пользования (КРЦКП СО РАН) при частичной финансовой поддержке Администрации Красноярского края (проект 2.12 Программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения”).

Прибор «Туннелистор» и его биологический аналог – химический синапс

Куликов Олег Николаевич

Куликова Наталья Николаевна

Кубанский Государственный Университет

oleg_kulikov@pochtamt.ru

Ранее нами неоднократно сообщалось о результатах исследований особенностей токопереноса в транзисторных структурах с распределенным p^+ - n -переходом (СРП) [1-3].

В данном сообщении мы проводим сравнительный анализ принципов действия прибора Туннелистор (генератор на основе СРП) и специализированного контакта между клетками – химического синапса.

Проведенный обзор монографий по анатомическому строению организмов [4,5] показал, что данные объекты имеют общее структурное строение. В Туннелисторе активный контакт (АК), в котором наблюдаются колебания, состоит из металла, поверхностных состояний или примесей атомов, вводящих в запрещенную зону полупроводника глубокие акцепторные уровни (поверхностный барьер), и собственно полупроводника (n-кремний или n-германий) (рис. 1а). Химический синапс состоит из пресинаптической клетки, синаптической щели с рецепторами и постсинаптической щели (рис. 1б). Эти составляющие являются полными аналогами.

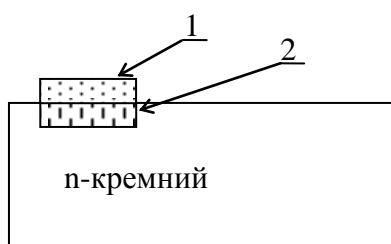


Рис. 1а. 1-металл, 2-область поверхностного барьера

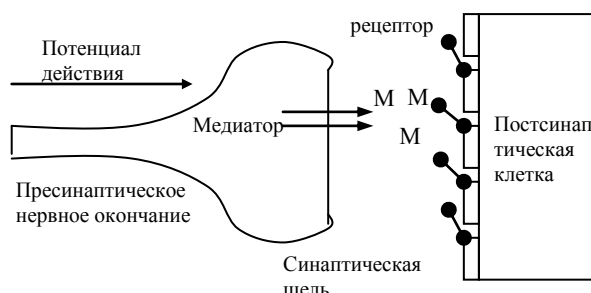


Рис. 1б.

Аналогичным является и реакция на прямоугольный импульс: в случае Туннелистора – это подаваемое электрическое поле, в случае химического синапса – потенциал действия. В случае первого объекта происходит накопление неосновных носителей заряда (дырок) в области пространственного заряда АК, а в синапсе возникновение "медиатора" (вещества-посредника). Далее в Туннелисторе происходит срыв электронов с поверхностных состояний или глубоких акцепторных уровней, а в синапсе открытие рецепторов в синаптической щели. Изменение барьера в АК приводит к инжекции электронов из металла, изменение же состояния синаптической щели приводит к диффузии "медиатора" и возникновению ионного тока. После чего в Туннелисторе происходит рекомбинация инжектированных электронов и накопленных дырок, при этом восстанавливается концентрация электронов на поверхностных состояниях и как следствие восстановление в АК потенциального барьера. В химическом синапсе происходит релаксация и закрытие рецепторов, а возникший в постсинаптической клетке сигнал возбуждения передается мышечному волокну.

Список публикаций:

- [1] B.S. Muravskiy, O.N. Kulikov. *Proceedings of 1999 international semiconductor Device Research Symposium University of Virginia*, p. 160-163
- [2] Б.С. Муравский., Г.П. Рубцов, Л.Р. Григорьян, О.Н. Куликов *Журнал радиоэлектроники* 2000. № 10. <http://jre.cplire.ru/win/oct00/2/text.html>.
- [3] Куликов О.Н, Муравский Б.С., Рубцов Г.П., Черный В.Н. *Актуальные проблемы твердотельной электроники. Труды 6-й международной научно-технической конференции. Таганрог 1999*, с. 121
- [4] Дж. Экклс. *Физиология синапсов*. М. 1966
- [5] *Физиология человека*, под. ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М. 1996.

Исследование физико-химических свойств органических полупроводящих жидкостей

Куликова Наталья Николаевна

Кубанский Государственный Университет

Барышев Михаил Геннадьевич, к.ф.-м.н.

kulikova_nata@hotmail.ru

В последние годы значительно возрос интерес к органическим полупроводникам в связи с наличием некоторых перспектив технического использования новых материалов. Органические полупроводниковые жидкости представляют собой недостаточно изученный класс веществ по сравнению с другими веществами, такими как жидкие металлы или расплавленные соли, для которых имеются модели в первом

приближении (например, модель газа свободных электронов для металлов или борновская модель для ионных веществ). Одним из перспективных направлений является изучение физико-химических и фотоэлектрических явлений в органических полупроводниковых жидкостях для понимания процессов фотосинтеза, биокатализа, и понимания физиологии растительного и животного мира. В настоящее время к органическим полупроводникам относят как низкомолекулярные соединения, так и полимеры с большим числом сопряженных связей, стабильные свободные радикалы, а также биополимеры (в том числе и белки).

Нами были проведены исследования изменения физико-химических свойств (электропроводности и значения pH) органических полупроводниковых жидкостей под действием частотно-модулированного магнитного поля (ЧМ МП), модулирующая частота которого лежала в крайне низкочастотном диапазоне (3 – 30 Гц). Также были исследованы температурные зависимости электропроводности и значения pH данных растворов.

Поскольку аминокислоты являются составными частями белков, то проводились исследования по воздействию ЧМ МП с частотой модуляции, находящейся в крайне низкочастотном диапазоне, на физико-химические свойства водных растворов аминокислот и изменение этих свойств в зависимости от концентрации аминокислоты. Для исследований была выбрана простейшая аминокислота – глицин. На первых этапах исследования изучалось воздействие ЧМ МП на электропроводность и pH водного раствора глицина. Исследуемые растворы помещались в термостат. В результате был получен ряд зависимостей данных параметров от концентрации растворов при воздействии на них ЧМ МП с четко выраженными максимумами и минимумами значений, причем максимальному изменению электропроводности соответствовало максимальное изменение значения pH, а минимуму электропроводности – минимальное значение pH. Таким образом, был сделан вывод о том, что значения pH и электропроводности коррелируют друг с другом.

Так как температура это фактор, оказывающий существенное влияние на процессы абсорбции и гидратации, то на следующем этапе были сняты зависимости электропроводности и значения pH водного раствора глицина при различных температурах. Изменение температуры проводилось с шагом 2⁰С, исследуемые растворы так же помещались в термостат. На этом этапе были получены следующие результаты: с повышением температуры резонансные максимумы и минимумы смещались в сторону больших концентраций, причем максимальному изменению электропроводности также соответствовало максимальное изменение значения pH, а минимуму электропроводности – минимальное значение pH.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что физико-химические свойства водного раствора аминокислоты глицин изменяются в зависимости от температуры. Это объясняется изменением степени гидратации молекул и процессов абсорбции от температуры.

Так как аминокислоты являются структурными компонентами белков, то можно предположить, что физико-химические свойства белков зависят как от воздействующего на растворы ЧМ МП, так и от температуры.

Численное моделирование и исследование гемодинамических параметров в кровеносной системе

Лаврова Ольга Викторовна

Новосибирский государственный технический университет

Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н.

[ttf@craft.nstu.ru](mailto:tjf@craft.nstu.ru)

Одним из эффективных способов исследования действия на человека экстремальных факторов является численное моделирование физических процессов в организме. В этом случае можно резко сократить дорогостоящие и опасные экспериментальные исследования. Вместе с тем количество работ в этой области в настоящий момент ограничено, либо применяются упрощённые модели расчёта. Целью настоящей работы является усовершенствование и модернизация ранее разработанной на кафедре "Техническая теплофизика" модели расчёта гемодинамики кровеносной системы.

В работе содержатся результаты исследования данного вопроса по двум направлениям. Во-первых, собран материал и выполнен анализ литературы в области численного моделирования гидравлических процессов в кровеносной системе. Во-вторых, выполнена модификация системы уравнений по расчёту гемодинамики и проведена оценка достоверности полученных новых результатов.

В работе выполнено численное моделирование эквивалентной гидравлической схемы большого круга кровообращения, учитывающей не только состав основных потребителей артериальной крови, но и особенности включения потребителей в последовательно-параллельную цепь. Исходная математическая модель расчета расходно-напорных характеристик эквивалентной гидравлической системы представляет систему уравнений Бернулли, составленную для пяти характерных групп потребителей: 1 - голова, 2 - руки, 3 – миокард, 4 - мышцы туловища и внутренние органы, 5 - мышцы ног. Распределение кровотока в группе потребителей 4 описывалось с помощью дополнительной системы из 6 линейных уравнений, предназначенных для определения кровотока по органам и тканям туловища. Модернизация модели состояла в попытке включения в систему уравнений внешнего давления среды. Для расчета систем уравнений использовался метод Крамера.

Определяемые гемодинамические параметры. Составленная система уравнений позволяет определять мгновенные и осредненные за интервал времени значения расходов крови на все основные органы человека (голова, руки, ноги и внутренние органы), в том числе и через периферические подкожные сосуды организма. Модель расчёта учитывает влияние наиболее характерных внешних физических факторов, изменяющих параметры работы кровеносной системы: тяжесть физической нагрузки (пульс); положение тела (стоя, лежа и сидя); величина перегрузки, действующей на организм (положительные, отрицательные и невесомость); наличие (отсутствие) спецснаряжения. В качестве обобщенных параметров работы кровеносной системы используются минутный объём крови (МОК) и кислородная отдача крови основных органов и всей системы в целом. Достоверность модели проверена путем сопоставления с известными в литературе данными.

Расчёты выполнены в диапазоне линейных ускорений $n = -10 \dots 10 g$, для трёх положений тела (стоя, сидя, лёжа), при различных значениях компрессионного давления на тело.

Воздействие положительных перегрузок. При создании положительных линейных ускорений (катапультирование вверх или старт ракеты) инерционные силы утяжеляют тело и создают условия для перераспределения крови в нижнюю часть тела, т.е. наблюдается резкий отток крови из тканей, расположенных выше сердца, и направление ее в органы и ткани, расположенные ниже сердца. При этом уменьшается кровоснабжение мозга, очень чувствительного к потере кислорода. По мере роста положительных перегрузок наблюдаются три пороговых значения: *минимальное* ($n = 5$) – происходит гипоксия тканей мозга, приводящая к недостаточному снабжению кислородом коры головного мозга, создающая эффект белой пелены и потери сознания; *среднее* ($n = 7$) – соответствует состоянию, которое в медицине называют клинической смертью, т.е. развиваемой сердцем мощности недостаточно для преодоления сил инерции и проталкивания крови в голову, а в случае $n > 7$ начинается отток крови из головы, так как $МОК < 0$; *максимальное* ($n = 9$) – избыток крови в ногах приводит к воздействию на болевые рецепторы мышц ног вплоть до значений болевого шока.

Воздействие отрицательных перегрузок. При создании отрицательных линейных ускорений (падение вниз, вращение самолёта или фигуры высшего пилотажа) инерционные силы перераспределяют кровь в верхнюю часть тела, в частности, происходит резкий приток крови в голову. Этот вид перегрузки переносится наиболее трудно, поскольку сосуды головного мозга переполняются кровью, давление в них повышается вплоть до их разрыва. По мере роста перегрузок наблюдаются последовательно три пороговых значения: *минимальное* ($n = -2 \dots 3$) – возникают пульсирующая головная боль, покраснение лица и красная пелена перед глазами; *среднее* ($n = 3 \dots 4$) – соответствует состоянию болевого порога сосудов головного мозга, когда болевые рецепторы создают эффект болевого шока; *максимальное* ($n = 8 \dots 9$) – недостаток крови в ногах приводит к состоянию гипоксии тканей.

Компенсация линейных перегрузок. Для компенсации негативного действия умеренных положительных ускорений применяют противоперегрузочный костюм (ППК). Назначение ППК состоит в обжати нижней половины тела компрессионным давлением $\Delta P_{\text{комп}} > 0$ с целью предотвращения оттока крови во внутренние органы и ноги. Сжатие подкожной капиллярной сети (уменьшение притока крови), а также венозных сосудов ног и туловища (уменьшение объёма депо крови) облегчает отток крови к сердцу. В работе далее выполнены расчеты распределения крови по тканям организма при увеличении $\Delta P_{\text{комп}}$ до 200 мм.рт.ст, а также росте давления крови в аорте со 120 до 200 мм.рт.ст (естественная реакция организма). В результате сравнения полученных данных с тестовым расчётом установлено, что рост давления в аорте и введение $\Delta P_{\text{комп}}$ в ППК существенно расширяют область работоспособности организма при действии положительных перегрузок.

Усовершенствование модели расчета позволило повысить точность расчетов. Модернизированный пакет программ может использоваться для изучения особенностей работы кровеносной системы при действии неблагоприятных факторов внешней среды на человеческий организм.

Список публикаций:

[1] Дьяченко Ю.В., Спарин В.А., Чичиндаев А.В. Системы жизнеобеспечения летательных аппаратов: Учеб. пособие для студ. вузов // Под ред. Ю.В. Дьяченко – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 507 с. (Серия "Учебник НГТУ").

Зависимость окислительно-восстановительного потенциала физиологического раствора от режимов активации.

Леонтьева Елена Владимировна

Широносков Валентин Георгиевич

Глухова Нина Александровна

Удмуртский Государственный Университет

Широносков Валентин Георгиевич, к.ф-м.н.

svg@uni.udm.ru

Поиски новых методов получения воды с заданными свойствами и составом привели к появлению нового научно-технического направления - электрохимической активации (ЭХА) жидкостей. Вода, полученная таким способом, называется активированной и имеет свойства биокатализатора. Она является регулятором взаимодействия жизненно важных процессов, улучшает обмен веществ в организме (подробнее см. [1]).

Наиболее распространенным методом исследования ЭХА воды является метод измерения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Параметр ОВП отражает донорно-акцепторные свойства тестируемой системы, и соответствует работе по переносу электронов от окисляемого элемента или соединения к восстанавливаемому. Также он косвенно отражает происходящие структурные изменения в системе. Однако физиологическая значимость ОВП определяется не только энергетическими эквивалентами, но и способностью этого показателя регулировать общий биохимический и биофизический статус внутренней среды организма. [2]. Поэтому необходимо направленное изменение ОВП и повышение биологической ценности воды при сохранении ее нейтральных кислотно-щелочных характеристик.

Для получения ЭХА жидкостей применяют диафрагменные и бездиафрагменные электролизеры. В зависимости от их конструкции (количества электродов, их формы и материала) получают различные значения ОВП. Для ЭХА жидкостей авторы использовали цилиндрический активатор с коаксиально расположенными анодом и катодом (см. рис.1). В связи с этим появилась необходимость исследовать характер зависимости значений ОВП жидкостей от режимов активации.

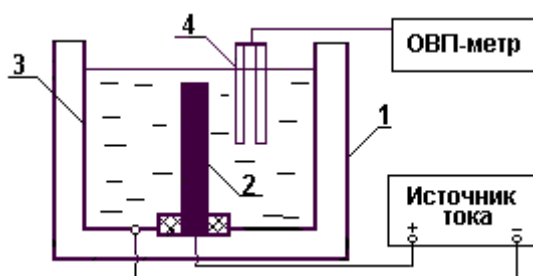


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 – корпус активатора, 2 – анод, 3 – катод, 4 – измерительные электроды.

В качестве активируемой жидкости был использован раствор NaCl концентрацией 9 г на 1 л водопроводной воды объемом $V = 1,5$ л. Значения ОВП измерялись стандартным прибором рН-150.

Для исследования зависимости параметров ОВП от режимов активации с течением времени был выбран диапазон стабилизированных напряжений $U = 1..5$ В (см. рис. 2).

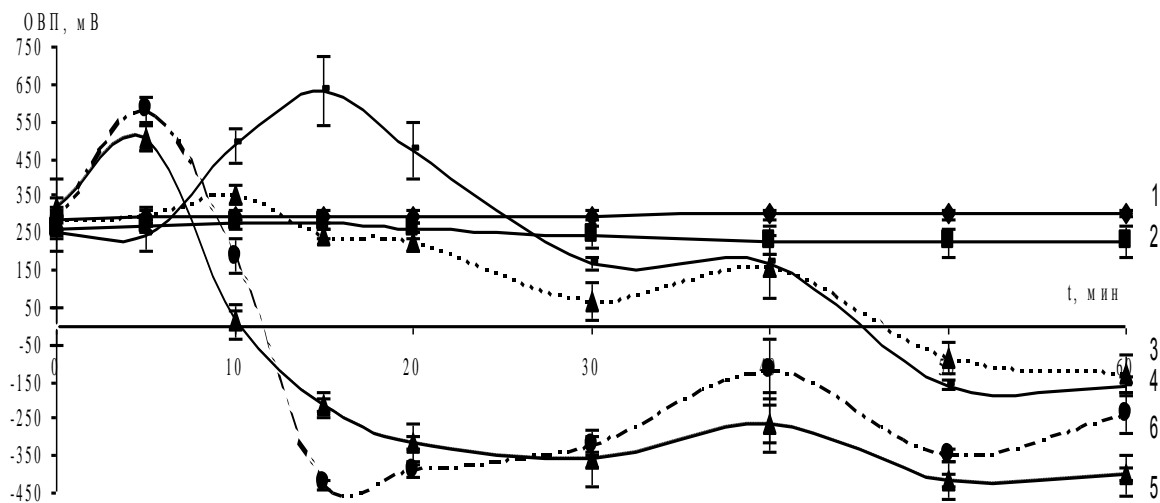


Рис. 2. Изменение ОВП активированной жидкости в зависимости от напряжения, подаваемого на электроды электролизера и времени активации.
 1 – $U = 1$ В, $I = 1$ мА; 2 – $U = 2$ В, $I = 5$ мА; 3 – $U = 2,5$ В, $I = 82$ мА; 4 – $U = 3$ В, $I = 165$ мА; 5 – $U = 4$ В, $I = 385$ мА; 6 – $U = 5$ В, $I = 635$ мА.

По данным проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Изменение значения ОВП контактно активированной жидкости зависит от напряжения, подаваемого на электроды электролизера.
2. При напряжении более 2 вольт в первые минуты активации наблюдается увеличение ОВП, после чего резкое его снижение.
3. Максимальный сдвиг значения ОВП был зафиксирован при $U = 4$ В, минимальный при $U = 2$ В, при котором ОВП не достигает отрицательных значений.
4. При $U = 1$ В – параметр ОВП увеличивается.

Полученные данные свидетельствуют об изменениях в жидкостях, прошедших процесс ЭХА. При этом характер изменений существенно зависит от режимов активации.

Список публикаций:

- [1] Бахир В.М. Электрохимическая активация. Ч.1. –М.; ВНИИИМТ НПО “ЭКРАН”. 401 с. (1992).
 [2] Бут А.И. Электронно-ионные процессы водных структур живых организмов и продуктов их переработки. –М.; Экспертинформ. 149 с. (1992).

Нервный импульс как локальный электрический процесс

Максименко Екатерина Васильевна

Ставропольский государственный университет

Каплан Лев Григорьевич, д.ф.-м. н.

katimax@yandex.ru

Характерной особенностью современной физиологии является широкое использование математического моделирования и количественного описания биологических процессов. В полной мере это относится и к учению о животном электричестве.

В основе изучения любых биоэлектрических явлений лежит рассмотрение трансмембранного потенциала - разности потенциалов на противоположных поверхностях клеточных мембран возбудимых структур. Его изменение в результате воздействия надпороговых раздражителей традиционно обозначается терминами “потенциал действия” и “нервный импульс”, являющимися синонимами. Однако для точности характеристики явления мы предлагаем развести эти понятия. Под потенциалом действия мы понимаем изменение трансмембранного потенциала с течением времени в данной конкретной точке возбудимой структуры, т.е. описываем его как функцию времени $V = f(t)$. Говоря о нервном импульсе, мы имеем в виду изменение трансмембранного потенциала на протяжении возбудимой структуры в данный конкретный момент времени, т.е. рассматриваем функцию от координат $V = f(x)$. Предлагаемые нами определения кардинальным образом меняют представления о нервном импульсе, указывая на нетождественность его формы форме потенциала действия. Действительно, если возбуждение распространяется слева направо график функции $V = f(x)$ является зеркальным отражением графика функции $V = f(t)$.

В современной электрофизиологии нервный импульс описывается системой уравнений Ходжкина - Хаксли, предложенной еще в 1952 году. В связи с тем, что ее решение требует применения численных методов и отличается большой сложностью, исследование нейронных ансамблей, пачек нервных импульсов и подобных сложных систем с ее помощью крайне затруднительны. Кроме того, она неверно описывает форму нервного импульса. Таким образом, создание принципиально нового математического описания нервного импульса, удовлетворяющего требованиям точности и простоты, представляет большую общетеоретическую и практическую ценность. Учитывая современную технологию проведения численных экспериментов, такая модель должна быть адаптирована для проведения расчетов на ЭВМ.

Учитывая, что нервный импульс является локальным электрическим процессом, перспективной может быть его солитонная модель. Благодаря использованию феномена солитона становится возможным описать такие свойства нервного импульса как локальность и неизменность во времени.

Для численных исследований мы использовали усредненное нервное волокно, подобное гигантскому аксону кальмара.

Исходя из свойств нервного волокна, нервный импульс целесообразно представить как солитон Картевеге-де-Фриза (КДФ). КДФ - уравнение имеет вид:

$$\dot{V} + w_0 \left(V + \frac{3}{4h} V^2 + \frac{h^2}{6} V'' \right)' = 0,$$

где V_{\max} – амплитуда нервного импульса, V_g – уровень гиперполяризации, w_0 – скорость нервного импульса. Здесь точкой обозначена производная по времени при фиксированном значении координаты x , а штрихом – производная по координате в момент времени t . В данном уравнении $V = E - E_r$.

Полным решением КДФ-уравнения является выражение:

$$V(t, x) = \frac{V_{\max}}{ch^2\left(\frac{x - w t}{l}\right)}. \quad (1)$$

Величина l – определяется из соотношения:

$$\frac{3 V_{\max} l^2}{4 h^3} = 1.$$

Это условие выражает равновесие между эффектами нелинейности и дисперсии. Величина w – фазовая скорость фронта волны в момент времени t отличный от нуля. Так как в рассматриваемом модельном волокне скорость движения области локализации процесса постоянна,

$$w = w_0 = \sqrt{\alpha \frac{d}{4r}},$$

где α – коэффициент пропорциональности. Параметр h отражает пропорциональность ширины зоны возбуждения диаметру нервного волокна. Для $d=0.238$ мм $\pm 100\%$ справедливо выражение $h=a \cdot e^d$.

График функции (1) имеет куполообразную форму и не описывает крайне быстрой деполяризации в области фронта нервного импульса и отрицательного следового потенциала в его хвосте. С целью устранения этого недостатка предложена система уравнений с дополнительными:

$$V(x,t) = \begin{cases} 0, & \text{если } V(x,t) \leq 0 \cap V(x,t) \leq V(x-\Delta x,t); \\ ax+bV_g, & \text{если } V(x,t) > V_g \cap V(x,t) - V(x-\Delta x,t) < \gamma \cap V(x,t) < 0; \\ V_g + V_{\max} / (ch((x - w(t + \tau)) / l))^2 & \text{в иных случаях,} \end{cases}$$

где τ – длительность следового потенциала.

Предложенная модель достаточно точно описывает форму нервного импульса, неизменность во времени его параметров, подчеркивает локальность процесса, отличается простотой решения и адаптирована для ЭВМ. Благодаря этому, она может быть использована при исследовании сложных электрических процессов в живых организмах. Дальнейшие исследования в этом направлении открывают широкие перспективы развития современной электрофизиологии.

**Использование информационных графов в исследовании ,
биологической структуры генетических текстов и описании
статистических закономерностей.**

*Мамонова Марина Александровна
Красноярский Государственный Университет
Садовский Михаил Георгиевич, к.ф-м.н.
mo_2002@mail.ru*

Круг содержательных задач статистического анализа первичных последовательностей ДНК достаточно широк - это и корректное описание генетических текстов с помощью математических моделей, которые необходимы для оценки статистической значимости найденных закономерностей, построение словарей, выделение зонной структуры геномов и выявление сходства различных генетических текстов (ГТ).

Изучение статистических свойств малых фрагментов нуклеотидных последовательностей требует рассмотрения её частотного словаря. Реальный частотный словарь W_q (1) — это множество всех связных подпоследовательностей длины q нуклеотидов, встречающихся в рассматриваемой последовательности, вместе с их реальными частотами $f_{i_1...i_q}$:

$$W_q = \{n_{i_1...i_q}, f_{i_1...i_q} : i \in \{A, C, G, T\}, f_{i_1...i_q} = \frac{n_{i_1...i_q}}{N}\} \quad (1)$$

Рассмотрим некоторый словарь \tilde{W}_{q+1} , который будем называть восстановленным. Такой словарь удовлетворяет экстремальному принципу — его энтропия достигает максимума среди всех словарей, которые могут быть получены в качестве наиболее вероятного продолжения слов заданной длины q . Экстремальный принцип позволяет вычислить частоты продолжений явным образом, опираясь только на знание частот слов длины q и $q-1$. Итак, если в распоряжении исследователя имеется частотный словарь W_q толщины q , то словарём \tilde{W}_{q+1} (2) толщины $q+1$, содержащим наиболее вероятные продолжения слов исходного словаря W_q будет словарь с частотами который содержит наиболее вероятные продолжения слов длины q :

$$\tilde{W}_{q+1} = \{n_{i_1...i_q}, \tilde{f}_{i_1...i_q} : i \in \{A, C, G, T\}, \tilde{f}_{i_1i_2i_3...i_qi_{q+1}} = \frac{f_{i_1i_2i_3...i_q} \cdot f_{i_2i_3i_4...i_qi_{q+1}}}{f_{i_2i_3...i_q}}\} \quad (2)$$

Пусть имеется множество слов длины q со всеми своими реальными и восстановленными частотами данной нуклеотидной последовательности. Тогда можно построим новое множество информационно значимых слов (ИЗС) I_q (3):

$$I_q = \{i_1...i_q, p_{i_1...i_q} : i \in \{A, C, G, T\}, p_{i_1...i_q} = \frac{f_{i_1i_2i_3...i_q}}{\tilde{f}_{i_1i_2i_3...i_q}}, p_{i_1...i_q} = (0; \alpha^{-1}] \cup [\alpha; +\infty), \alpha > 1\} \quad (3)$$

Величину $\alpha > 1$ будем называть порогом информационной значимости. Одним из возможных оснований для выбора α является соображение о том, что доля ИЗС не должна быть более половины от числа всех слов данной длины.

Пусть величина α выбрана таким образом, что число ИЗС от общего количества слов будет составлять не менее 10%. Рассмотрим два подмножества (4) I_q одной и той же нуклеотидной последовательности:

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_q^+ &= \{i_1 \dots i_q, p_{i_1 \dots i_q} : i \in \{A, C, G, T\}, p_{i_1 \dots i_q} = [\alpha; +\infty), \alpha > 1\} \\ \mathcal{G}_q^- &= \{i_1 \dots i_q, p_{i_1 \dots i_q} : i \in \{A, C, G, T\}, p_{i_1 \dots i_q} = (0; \alpha^{-1}], \alpha > 1\} \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда цепочку ИЗС

$$\mathcal{G}_2^+ \subset \mathcal{G}_3^+ \subset \mathcal{G}_4^+ \subset \dots \subset \mathcal{G}_t^+ \quad \text{либо} \quad \mathcal{G}_2^- \subset \mathcal{G}_3^- \subset \mathcal{G}_4^- \subset \dots \subset \mathcal{G}_t^-$$

будем называть восходящим (нисходящим) деревом, самое короткое слово в нем – корнем, а самое длинное – вершиной. Число ИЗС будем называть его высотой. Построение таких деревьев позволяет определить информационную структуру генома и связать ее со статистическими данными. Предполагается, что вершины деревьев помогут установить функциональную связь с генетическим текстом. В общем случае для геномов реальных организмов, информационные деревья представляют собой графы т.к. имеют точки пересечения.

Используя представления данной модели, были построены графы для всех хромосом дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* до вершины длиной восемь. Для всех вершин были найдены точки вхождения вдоль по геному. Полученная информация была сопоставлена с биологическим описанием генома. Относительная информационность генома (отношение длины кодирующей области к общей длине генома) в среднем составляет около 60%. Именно в эту часть генома попадает более 50% уникальных информационно значимых восьмерок, которые являются вершинами графа генома. Все это говорит о неслучайном распределении вершин графа по геному.

Данная теория находит свое применение при расшифровке больших объёмов генетической информации для установления некоторого порядка. Один из естественных способов установления такого порядка — аннотирование генома, т.е. однозначное выделение различных его фрагментов с чётким указанием на ту функцию, которая данным фрагментом выполняется. Такого типа порядок весьма важен и имеет как фундаментальное, так и прикладное значение.

**Оценка интенсивности обмена внутриглазной жидкости и факторов,
контролирующих выведение жидкости из стекловидного тела глаз
экспериментальных животных**

Марченко Ирина Юрьевна

Степанова Людмила Васильевна

Красноярский Государственный Университет

Сычев Георгий Михайлович, к.м.н.

marchenko@lan.krasu.ru

В последние годы значительно возрос интерес к функциональной организации стекловидного тела. В частности детально изучена анатомия стекловидного тела. Установлено наличие в стекловидном теле глаза человека сложной структуры, имеющей специфические каналы, люки. Стекловидное тело состоит на 99,68 % из воды, и в течение суток через него проходит до 0,25 л. жидкости. Следовательно, стекловидное тело – зона интенсивного обмена жидкости. Однако, информация об обмене жидкости в стекловидном теле крайне ограничена и противоречива. В связи с этим вопрос обмена жидкости в стекловидном теле представляет собой существенный по значимости интерес, как для практической офтальмологии, так и для расширения вопроса о физиологии глаза.

Для экспериментального изучения обмена жидкости в стекловидном теле глаз экспериментальных животных были поставлены следующие задачи:

1. Подбор веществ - маркеров, обладающих выраженными идентификационными свойствами и способностью выявляться при малых концентрациях.
2. Выбор прибора, позволяющего количественно регистрировать концентрацию вещества – маркера в плазме крови.
3. Оценка интенсивности обмена жидкости и факторов, контролирующих выведение жидкости из стекловидного тела.

Экспериментальная часть работы выполнена на 15 глазах 15 кроликов породы «Советская Шиншилла». Животные были разбиты на 3 группы по 5 кроликов в каждой:

- 1 группа – для регистрации флуоресцеина в кровеносном русле;
- 2 группа – для регистрации флуоресцеина в кровеносном русле при внутривенном введении физиологического раствора;
- 3 группа – для регистрации флуоресцеина в кровеносном русле при внутривенном введении гемодеза.

Оценка интенсивности обмена жидкости в стекловидном теле и факторов, оказывающих влияние на этот обмен, проводилась исследованием динамики накопления в плазме крови введенных в стекловидное тело веществ-маркеров. По известным данным литературы большинство исследователей используют растворы радиоактивных изотопов. Но трудности и известная степень опасности для здоровья при работе с радиоактивными веществами заставили провести поиск маркера в классе веществ, регистрируемых оптическими способами. В качестве такого вещества-маркера использовали 10 % раствор флуоресцеина с молекулярной массой $M_m = 360$ Дальтон, так как он обладает требованиями, предъявленными к веществам - маркерам, а именно:

имеет малую молекулярную массу, сопоставимую с молекулярной массой метаболитов крови, обладает малой степенью ионизации, т.е. инертностью к тканям глаза и хорошо регистрируется в средах глаза.

Под местной анестезией 0,5 % раствора дикаина всем животным в стекловидное тело под прямым углом к оптической оси на глубину до 6 – 7 мм интраокулярно через склеру вводили 0,01 – 0,03 мл вещества-маркера. Во 2 и 3 группах кроликов после анестезии и контрольного забора крови, перед введением в стекловидное тело флуоресцеина, внутривенно вводили физиологический раствор (в расчете 20 мл на 1 кг веса) и гемодез (в расчете 10 мл на 1 кг веса) соответственно. Для увеличения достоверности данного эксперимента забор венозной крови в количестве 3 – 5 мл производился в течение 70 минут через каждые 5 – 10 после введения флуоресцеина с целью обнаружения его в кровеносном русле. Взятая кровь центрифугировалась со скоростью 6 000 об/мин в течение 5 минут. Наличие флуоресцеина в плазме крови оценивалось количественно с помощью люминесцентного спектрометра Luminescence Spectrometer Aminco-Bowman Series 2 (Thermo Spectronic, США).

Для проведения количественного анализа флуоресцеина в плазме крови животных первоначально были исследованы спектры флуоресценции этого соединения в разных средах: в физиологическом растворе, дисцилированной воде и плазме крови. По полученным данным был сделан вывод, что люминесценция флуоресцеина в плазме крови отличается от люминесценции в двух других средах. Отсюда пришли к заключению, что для построения калибровочной кривой для данной серии экспериментов необходимо использовать плазму крови, которую нельзя заменить ни физиологическим раствором, ни дисцилированной водой.

По полученным результатам калибровочной кривой были рассчитаны значения концентраций флуоресцеина в плазме крови экспериментальных животных и построены соответствующие кривые.

На основании результатов, полученных в ходе исследования можно сделать следующие выводы:

1. При исследовании плазмы крови экспериментальных животных, было четко зарегистрировано присутствие в ней, введенного в стекловидное тело, флуоресцеина.
2. Выход флуоресцеина в кровеносное русло при внутривенном введении физиологического раствора был значительно меньше, чем при внутривенном введении гемодеза.

Определение зоны оттока внутриглазной жидкости из структур глаза экспериментальных животных

Марченко Ирина Юрьевна

Степанова Людмила Васильевна

Красноярский Государственный Университет

Сычев Георгий Михайлович, к.м.н.

marchenko@lan.krasu.ru

По данным литературы, ведущим представлением об оттоке внутриглазной жидкости является представление о системе капилляров и щелей, через которые оттекает жидкость из структур глаза. Отток жидкости через перивазальные и переневральные пространства считается дополнительным и на его долю приходится до 20-30 % оттока внутриглазной жидкости. Однако однозначного трактования механизмов оттока внутриглазной жидкости из структур глаза в литературе не найдено.

Для определения направленности движения жидкости в стекловидном теле и исследования возможных путей оттока внутриглазной жидкости из структур глаза экспериментальных животных, в стекловидное тело был введен флюоресцеин.

Экспериментальные исследования проводились в строгом соответствии с международными требованиями по проведению экспериментов над живыми животными. Экспериментальные животные были разбиты на 2 группы: 1 группа для выяснения направленности движения витреальной жидкости в стекловидном теле и 2 группа для определения зоны оттока внутриглазной жидкости из стекловидного тела. Вещество - маркер вводили в стекловидное тело по следующей методике.

Все группы кроликов были инъецированы под местной анестезией 0,5 % раствора дикаина и 1 % раствора новокаина. На глаз кролика накладывался векорасширитель, и производилась фиксация глазного яблока пинцетом, захватывающим верхнюю прямую мышцу в 4 – 6 мм от лимба. После чего осуществлялся прокол склеры в 3 – 4 мм от лимба под верхнюю прямую мышцу под прямым углом к оптической оси на глубину до 6 – 7 мм с инъецированием интраокулярно в стекловидное тело 0,01 – 0,03 мл 10 % водного гетерогенного раствора флюоресцеина.

В первой серии эксперимента через 5 – 10 мин после введения вещества-маркера в стекловидное тело, животных выводили из эксперимента. Спустя 1 – 2 мин после забоя животных производилась энуклеация обоих глаз животных с отставанием в 1 минуту каждый. Энуклеированные глаза в течение 5 – 10 секунд помещали в резервуар с жидким азотом ($T = 77^{\circ} K$). Препарированные глаза хранили в жидком азоте в течение 5 мин, что давало возможность более точной оценки картины распределения вещества-маркера в структурах глаза экспериментального животного. После извлечения глазного яблока из жидкого азота его разрезали на микротоме в горизонтальной секущей плоскости, проходящей через место введения раствора флюоресцеина. После чего производилось топографическое изучение зоны распределения вещества-маркера в стекловидном теле глаза экспериментального животного.

Для определения зоны оттока внутриглазной жидкости из стекловидного тела была задействована вторая экспериментальная группа. Обезболивание и введение вещества-маркера (10 % раствора флюоресцеина) было проведено по указанным выше методикам. После выведения кроликов из эксперимента глаза экспериментальных

животных энуклеировали и замораживали в жидком азоте. Замороженный глаз фиксировался в микротоме и горизонтальным разрезом отсекался задний полюс глаза для визуальной регистрации флуоресцеина в перевазальных и переневральных пространствах.

В результате проделанной работы по экспериментальному изучению зоны оттока внутриглазной жидкости стекловидного тела глаз животных были получены следующие данные:

В первой серии экспериментов по выяснению направленности движения витреальной жидкости в стекловидном теле методом «остановленной диффузии» возникала следующая картина: при введении вещества-маркера в стекловидное тело глаз кроликов флуоресцеин распространялся по направлению к заднему полюсу глаза. Зона прокрашивания имела вид асимметричного конуса. Вершина конуса соответствовала месту введения вещества-маркера. Распределения вещества-маркера к передним отделам глаза не происходило.

Асимметричное распределение вещества-маркера в стекловидном теле не может быть объяснено простой диффузией маркера в стекловидном теле. Наблюдаемая картина распространения вещества-маркера скорее похожа на поведение веществ в гельфильтрационных установках. А это указывает на наличие потоков жидкости в стекловидном теле, направленных от его основания к задним отделам и через сетчатку в сосудистое русло, т.е. визуально наблюдаемое распределение веществ-маркеров является именно однонаправленным оттоком витреальной жидкости.

Во второй серии экспериментов определяли зоны оттока внутриглазной жидкости из стекловидного тела. При визуальном исследовании заднего полюса энуклеированного замороженного глаза животного не обнаружили вещества-маркера в перевазальных и переневральных пространствах. Результаты опыта свидетельствуют о переносе витреальной жидкости из стекловидного тела в кровеносное русло, а не в перевазальные и переневральные пространства, что противоречит данным литературы.

На основании результатов, полученных в ходе исследования можно сделать следующие выводы:

1. В стекловидном теле существуют потоки жидкости.
2. Потоки жидкости имеют определенную направленность, что регистрируется по перемещению веществ-маркеров через структуры стекловидного тела.
3. Выхода веществ-маркеров через переневральные и перевазальные пространства на наружную поверхность глаза не наблюдалось, что говорит об отсутствии оттока жидкости из стекловидного тела через эти образования.

Ослабление лазерного излучения при прохождении через мягкие биоткани

Матафонов Артем Михайлович

Алтайский государственный университет

Букатый Владимир Иванович, д.ф-м.н.

martiom@mail.ru

Экспериментальное ослабление низкоинтенсивного лазерного излучения при его распространении в мягких биотканях и определение коэффициента пропускания тканей в разных областях спектра.

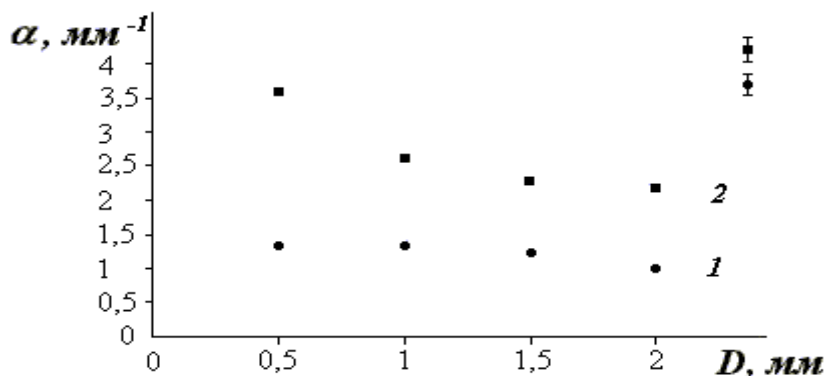
В настоящее время лазеры широко используются в практической медицине. Для объективной оценки действия излучения необходимо исследование оптических свойств биологических объектов.

Проведенные экспериментальные исследования по изучению характеристик лазерного излучения при прохождении через ткани животного базировались на использовании двух длин волн излучения лазеров, наиболее часто используемых в медицинских целях.

Эксперименты по определению коэффициента ослабления проводились на созданном комплексе установок с использованием следующих лазеров:

1. Гелий-неоновый лазер с длиной волны 632,8 нм, мощностью около 10 мВт.
2. Полупроводниковый лазер с длиной волны 914 нм, работающий в импульсном режиме, мощностью в импульсе порядка 100 Вт, длительность импульса 0,3 мкс, частота импульсов 120 Гц, ширина линии излучения 10 нм.

В качестве исследуемых образцов использовались ткани животного, в частности, мышечная ткань и фасция, которая относится к группе соединительных тканей. Экспериментально определены коэффициенты ослабления лазерного излучения различных длин волн этими тканями. Полученные зависимости коэффициента ослабления лазерного излучения мышечной тканью и фасцией животного от изменения толщины тканей, при длинах волн 632,8 нм (рис.1.) и 914 нм, показали, что коэффициент ослабления является величиной, обратно пропорциональной толщине ткани, чего теоретически не должно быть.

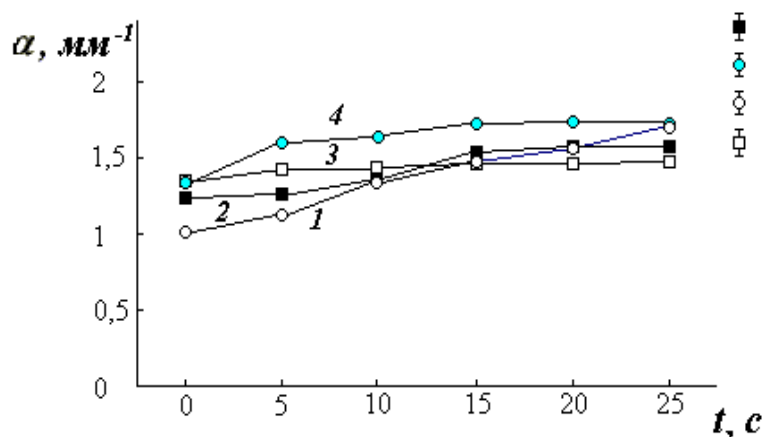


1- фасция, 2 – мышечная ткань.

Рис.1. Зависимость коэффициента ослабления тканей от толщины.

Такие результаты можно объяснить неоднородностью и усыханием исследуемой ткани.

Экспериментально исследовались ослабление лазерного излучения тканями животного и изменение коэффициента ослабления лазерного излучения в результате высыхания ткани. По полученным результатам видно, что в процессе усыхания, например, фасции (рис.2.) коэффициент ослабления увеличивался, а изменение коэффициента ослабления для разных участков ткани имеет различный характер.



фасция толщиной: 1 - 2,0 мм; 2 - 1,5 мм; 3 - 1,0 мм; 4 - 0,5 мм.

Рис.2. Зависимость коэффициента ослабления фасции от усыхания ткани.

Одной из главных причин изменения коэффициента ослабления фасции является опустошение матриц молекул ткани, за счет процесса обильного окисления состава биожидкости матрицы, ее испарением, а, следовательно, с изменением структурных форм раствора. Для приведенных зависимостей, характерны участки резкого увеличения коэффициента ослабления, независимо от толщины образца, что можно объяснить неравномерностью процесса обезвоживания. Наличие в клеточном монослое переизлучения электромагнитных волн (на расстоянии до 5 см) с длиной, равной длине волны первичного излучения, приводит к тому, что мы фиксировали фотоприемником не только излучение от источника, но и переизлученную тканью энергию.

Достоинством работы является физическая непротиворечивость экспериментальных данных, совпадение экспериментальных результатов, полученных в разное время измерений, что позволяет судить об их достоверности.

Изучение влияния условий иммобилизации на выход активности ферментов и субстратов биферментной системы светящихся бактерий

Никифорова Мария Александровна

Красноярский Государственный Университет

Есимбекова Елена Николаевна, к.б.н.

nikiforova_m@mail.ru

В экологическом мониторинге используются ферментативные тесты, в частности биотесты основанные на ферментах выделенных из светящихся бактерий.

Биолюминесцентные ферментативные тесты часто превосходят известные биотесты по быстрдействию, точности, чувствительности и простоте, позволяют контролировать одновременно значительное число токсикантов. При этом биолюминесцентные методики определения активности ферментов проводятся на одном приборе, в одних условиях и со стандартным набором реактивов. Однако при использовании ферментов в основе биотестов возникает ряд дополнительных требований, усложняющих процедуру проведения анализа:

- обеспечение определенных условий хранения ферментов и субстратов;
- приготовление большого количества растворов ферментов и субстратов;
- дозирование растворов ферментов и субстратов непосредственно перед проведением анализа, что затрудняет процесс выполнения работ вне лабораторных условий.

Поэтому перспективным направлением развития биолюминесцентного ферментативного тестирования является замена растворимых препаратов ферментов иммобилизованными реагентами. Подбором соответствующих носителей и методов иммобилизации можно целенаправленно варьировать такие характеристики иммобилизованных реагентов как: чувствительность, прочность, выход активности, время хранения в рабочем состоянии, стабильность и т.д.

Цель работы заключалась в выборе условий иммобилизации, обеспечивающих стабильность иммобилизованного реагента, включающего ферменты и субстраты биферментной системы светящихся бактерий.

В работе был использован физический метод иммобилизации ферментов и субстратов в крахмальный гель. Крахмал был выбран в качестве носителя, так как он является нейтральным и при его использовании не происходит ковалентного взаимодействия с активными группами ферментов.

В работе были исследованы зависимости выхода активности иммобилизованных ферментов и их субстратов от следующих условий проведения иммобилизации:

- температурного режима и способа высушивания иммобилизованных реагентов;
- концентрации ферментов и субстратов в иммобилизованных дисках;
- процентного содержания крахмала в гелевом растворе.

Было изучено несколько режимов высушивания дисков: при 4⁰С и 20⁰С, а так же потоком воздуха при 20⁰С. Было показано, что оптимальным режимом высушивания дисков является 4⁰С, поскольку при таком способе высушивания диски обладают высокой активностью и целостностью, что упрощает использование их в биолюминесцентном анализе.

Было показано, что существует зависимость выхода активности иммобилизованных препаратов от содержания ферментов и субстратов в диске. Причем, для обеспечения высокого выхода активности иммобилизованных препаратов, концентрации ферментов и субстратов в диске выше по сравнению с концентрациями ферментов и субстратов в свободном растворе.

Для исследования зависимостей выхода активности иммобилизованных реагентов от процентного содержания крахмала в гелевом растворе были изучены 3%, 3,5% и 4%

крахмальные гели. Из таблицы видно, что выход активности увеличивается при уменьшении концентрации геля. Однако при использовании 3% геля нарушалась целостность иммобилизованных дисков, а 4% гель был вязким, что затрудняло его дозирование. Поэтому в дальнейших исследованиях иммобилизацию ферментов и субстратов проводили в 3,5% крахмальный гель.

Для полного реконструирования работы биферментной системы в геле, необходимо включение в гель помимо ферментов и других составляющих биферментной реакции. Были исследованы возможности разработки многокомпонентного иммобилизованного реагента, включающего ферменты и субстраты биферментной системы NADH:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза. Из таблицы видно, что выход активности иммобилизованных дисков, включающих ферменты и субстраты в разных комбинациях, различен. На данном этапе не удалось получить иммобилизованные диски, включающие все ферменты и субстраты биферментной системы NADH:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза. Однако разработан реагент с высоким выходом активности, включающий ферменты и два из трех необходимых субстратов биферментной системы.

| Иммобилизованный препарат | Интенсивность свечения дисков иммобилизованных на 3% геле, мВ | Интенсивность свечения дисков иммобилизованных на 3,5% геле, мВ | Интенсивность свечения дисков иммобилизованных на 4% геле, мВ |
|---------------------------------|---|---|---|
| R+L | 1000 | 1000 | 575 |
| FMN+C ₁₄ | 80 | 37 | 0 |
| NADH+ C ₁₄ | 60 | 52 | 37 |
| (R+L)+ C ₁₄ | 1000 | 1000 | 1000 |
| (R+L)+NADH+ C ₁₄ | 1000 | 1000 | 627 |
| (R+L)+FMN+NADH+ C ₁₄ | 0 | 0 | 0 |

R+L-NADH:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза;

NADH- никотинамидадениндинуклеотид;

FMN- флавинмоноклеотид; C₁₄ -тетрадеканаль.

Таким образом, в работе были изучены зависимости характеристик иммобилизованного реагента, включающего ферменты и субстраты биферментной системы светящихся бактерий от условий иммобилизации. Подобраны оптимальные условия проведения иммобилизации в крахмальный гель, обеспечивающие прочность и высокий выход активности иммобилизованного реагента. Показана возможность разработки многокомпонентного реагента, включающего не только ферменты, но и субстраты биферментной системы. Создание такого многокомпонентного реагента позволяет существенно упростить процедуру проведения билюминесцентного ферментативного тестирования, поскольку решаются проблемы, связанные с дозированием большого количества растворов ферментов и субстратов, обеспечением специальных условий хранения препаратов ферментов, а также значительно сокращается время, необходимое для проведения анализа.

Численное моделирование и исследование воздействия невесомости на работу кровеносной системы

Номоконова Ксения Геннадьевна

Новосибирский государственный технический университет

Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н.

ttf@craft.nstu.ru

Актуальной медико-биологической проблемой является гиподинамия (ограниченное движение, неподвижность), имеющая широкое распространение, как в клинической практике, так и в повседневной жизни современного человека. Ярким примером гиподинамии может служить действие невесомости на организм космонавтов, особенно важным фактором для длительных полётов на борту МКС (или полёте на Марс с продолжительностью – 2...3 года). В связи с этим возникает задача исследования влияния данного фактора на организм человека. Одним из негативных проявлений гиподинамии служит перераспределение кровотока в тканях организма. Вместе с тем экспериментальные исследования такой задачи затруднены. Целью работы было математическое моделирование и исследование влияния гиподинамии (условий пониженной гравитации и невесомости) на работу кровеносной системы человека

В работе содержатся результаты исследования данного вопроса по трём направлениям. Во-первых, собран материал и выполнен анализ экспериментальных данных в области космической биологии и медицины о физиологических особенностях воздействия невесомости на человеческий организм. Во-вторых, проведен обзор литературы и установлены основные морфологические особенности строения кровеносной системы. В-третьих, выполнено численное моделирование и исследование распределения крови в организме человека при воздействии на него пониженной гравитации.

В результате анализа литературы выявлены основные механизмы воздействия невесомости на организм человека: снятие гидростатического давления; изменение афферентации; снятие весовой нагрузки на костно-мышечный аппарат. Установлено, что наибольшие физиологические отклонения зафиксированы в опорно-двигательной (гиподинамия и гипокинезия), кровеносной (перераспределение крови к голове) и нервной (сенсорные реакции и иллюзии, изменение пространственного анализа) системах организма.

Методика численного моделирования. Численное исследование выполнено путём моделирования распределения крови в организме при ослаблении действия земной тяжести. Для расчётов использована эквивалентная гидравлическая схема кровеносной системы, учитывающая строение и морфологические особенности кровеносных сосудов. Модель расчета составлена для большого круга кровообращения. Она описывает расходно-напорные характеристики эквивалентной гидравлической системы большого круга кровообращения и представляет собой систему уравнений Бернулли, составленную для пяти характерных групп потребителей: 1 - голова, 2 - руки, 3 - миокард, 4 - мышцы туловища и внутренние органы, 5 - мышцы ног. Распределение кровотока в группе потребителей 4 описывалось с помощью дополнительной системы из 6 линейных уравнений, составленных для органов и тканей туловища. В результате расчета определялись: распределение давлений для различных

участков кровеносного русла, а также минутный объем крови по всем тканям организма. Действие невесомости в системе уравнений моделировалось путём изменения линейного ускорения в интервале $a = 0 \dots +1 g$. В первом приближении этот приём может описывать один из механизмов действия невесомости – снятие весовой нагрузки (силы тяжести).

В процессе численного исследования был выполнен расчёт и анализ данных об особенностях работы кровеносной системы для условий Земли, пониженной гравитации (Марса, Луны) и состояния невесомости. При этом определялось распределение крови по различным тканям организма в пределах действия линейных ускорений в диапазоне $a = 0 \dots +1 g$.

Абсолютное отклонение МОК. Сравнение абсолютных отклонений МОК тканей по отношению к случаю земной гравитации показывает, что понижение гравитации наиболее сильно сказывается на кровоснабжении мозга – рост более 5 % МОК, нулевая реакция приходится на миокард, снижение МОК наблюдается у внутренних органов – на 2,5 %, мышц туловища и ног – на 1,5 %, рук – менее 1 %.

Относительное отклонение МОК. Сравнение относительных отклонений МОК в процентах от расхода крови на соответствующие ткани свидетельствует о том, что понижение гравитации наиболее сильно сказывается на кровоснабжении мозга – рост до 15 % от земного уровня, нулевая реакция приходится на миокард, снижение МОК у остальных тканей не превышает 8 % и примерно одинаково для внутренних органов, мышц туловища, ног и рук. Таким образом, невесомость наиболее неблагоприятно действует на кровоснабжение головного мозга.

Влияние морфологических особенностей строения кровеносной системы. Отдельное исследование было направлено на изучение действия гиподинамии для различных групп населения. С этой целью в программу вводились морфологические и гистофизиологические данные о строении кровеносной системы в зависимости от возраста (в диапазоне от 10 до 50 лет) и пола. Полученные первичные данные свидетельствуют о том, что для условий земной гравитации с возрастом увеличиваются перепады давления в кровеносной системе, в то время как при переходе к условиям невесомости он, наоборот нивелируется. Аналогичное действие наблюдается при переходе от мужской конституции организма к женской.

Сравнение напорно-расходных характеристик кровеносной системы между собой показывает, что в первом приближении условия пониженной гравитации в целом достаточно хорошо качественно и количественно описывают состояние гиподинамии организма. Поэтому получаемые экспериментальные данные в космической биологии и медицине о влиянии невесомости на организм человека, могут использоваться в качестве модельного (предельного) аналога для описания гиподинамии среднестатистического городского жителя.

Выводы. В работе установлено, что в основном влияние пониженной гравитации и невесомости сказывается на увеличении кровоснабжения мозга (до 9 % на Марсе, 12 ... 15 % на Луне и до 20 % в состоянии невесомости) при одновременном пропорциональном ослаблении кровоснабжения туловища и ног. Результаты расчетов качественно и количественно согласуются с известными физиологическими данными.

Материалы работы могут быть использованы при изучении гемодинамики в случаях, близких к условиям пониженной гравитации (лежачие больные, нахождение в воде, гиподинамия городского жителя).

Моделирование тепловыделения системы кровеносных сосудов

Пелипенко Олег Николаевич

Кубанский государственный университет

Богатов Николай Маркович, д.ф.-м.н.

opel71@yandex.ru

Современная тепловизионная техника воспринимает тепловое излучение с поверхности нагретого тела, позволяя различить только поверхностные неоднородности теплового поля. В работе решается задача определения температуры в объеме слоя биологической ткани с распределенной в ней системой кровеносных сосудов.

Моделируется слой биологической ткани с плоско параллельными границами (рис. 1), в котором элементы сосудистого русла распределены с некоторой плотностью. Сосудистая система рассматривается в микроскопическом масштабе. Распределение температуры в ткани моделируется на макроскопическом уровне, поэтому в плоскости XY оно считается однородным.

Схема слоя биологической ткани с элементами сосудистого русла:

1 – дерма; 2 – элемент артериального русла; 3 – элемент венозного русла; 4 – эпидермис

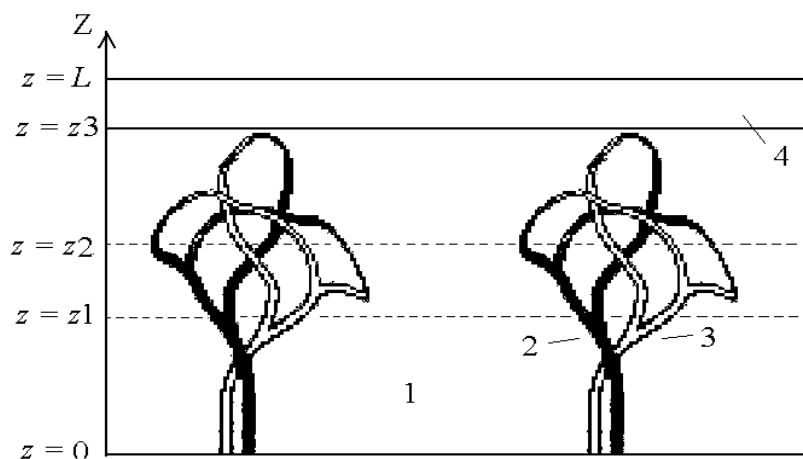


Рис. 1

Температура ткани T_C в любой точке тела определяется модифицированным дифференциальным уравнением теплопроводности, которое с учетом стационарности и однородности в плоскости XY имеет вид (1):

$$T_C'' + \frac{G}{\lambda_{TK}} = 0, \quad (1)$$

где λ_{TK} - теплопроводность ткани; G – функция генерации тепла в единице объема ткани в единицу времени, ' – производная по координате z.

Балансная схема теплообмена для элемента сосуда и окружающей ткани построена в [1]. На основе этой схемы получим уравнение (2), описывающее изменение температуры крови при ее движении по сосуду:

$$T'_{KP} = -\frac{2a_{\Phi i}}{c\rho R_i v_i}(T_{KP} - T_C), \quad (2)$$

где $a_{\Phi i}$ – эффективный коэффициент теплообмена крови, двигающейся по сосуду; c – теплоемкость крови; ρ – плотность крови; R_i – радиус сосуда; v_i – скорость движения крови по сосуду; $i=1..3$ – индекс, показывающий к какому типу сосуда относится тот или иной параметр.

Температура ткани и температура крови в сосудах на внутренней поверхности слоя $z=0$ задавались постоянными, соответственно, (3) и (4):

$$T_C(0) = const1, \quad (3)$$

$$T_{KP}(0) = const2. \quad (4)$$

На поверхности ткани, обменивающейся теплотой с окружающей средой путем излучения, испарения и конвекции, задается нелинейное краевое условие (5):

$$\lambda_{TK} T'_C(L) = -A\sigma(T_C^4(L) - T_{OKP}^4) - P(T_C(L) - T_{OKP}), \quad (5)$$

где A – поглощательная способность ткани; σ – постоянная Стефана-Больцмана; P – коэффициент, учитывающий конвекцию и испарение; T_{C-L} – температура ткани на поверхности слоя; T_{OKP} – температура окружающей среды.

Источником генерации тепла в объеме является выделение тепловой энергии через стенки кровеносных сосудов. При своем движении кровь переходит из сосуда с большим диаметром в сосуды с меньшим диаметром, доходя до мельчайших сосудов – артериальных капилляров. Затем кровь поступает в венозные капилляры, которые, сливаясь, образуют сосуды все большего диаметра. Согласно теории, верхний слой кожи – эпидермис лишен кровоснабжения. Следующие за ним слои (дерма и подкожная клетчатка) богато снабжены кровеносными сосудами.

Построенной модели соответствует функция генерации тепла (6):

$$\begin{aligned} G &= 2\pi R_1 \mu_1 a_{\Phi 1} (T_{KP} - T_C) \text{ при } 0 \leq z < z_1, \\ G &= 2\pi R_2 \mu_2 a_{\Phi 2} (T_{KP} - T_C) \text{ при } z_1 \leq z < z_2, \\ G &= 2\pi R_3 \mu_3 a_{\Phi 3} (T_{KP} - T_C) \text{ при } z_2 \leq z < z_3, \\ G &= 0 \text{ при } z_3 \leq z < L, \end{aligned} \quad (6)$$

где μ – поверхностная плотность сосудов разного калибра.

Краевая задача (3) – (5) для системы дифференциальных уравнений (1), (2) сводилась к задаче Коши и решалась методом последовательных итераций. Итерационной переменной являлась $T'_C(0)$. Найденные в результате решения задачи Коши значения $T'_C(L)$ и $T_C(L)$ подставлялись в условие (5). Если условие (5) не выполнялось с заданной точностью, значение $T'_C(0)$ корректировалось, и выполнялся следующий итерационный шаг.

Изменение параметров сосудов в каждом из уровней z_1 , z_2 , z_3 позволяет моделировать процесс тепловыделения в зависимости от внешних и внутренних условий.

Список публикаций:

[1] Иванов К. П., Лучаков Ю. И. Эффективность теплообмена между тканями и кровью в кровеносных сосудах различного диаметра. // Физиологический журнал. 1994. Т. 80. №3. С. 100–105.

Кинетические параметры реакции окисления цитохрома *c* перекисью водорода, катализируемой пероксидазой хрена.

Переверзев Михаил Олегович

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова.

Скулачев Владимир Петрович

p_mikhail@mail.ru

Исследована зависимость скорости окисления восстановленного цитохрома *c* от концентраций восстановленного цитохрома *c* (цит c^-) и перекиси водорода при запуске реакции окисления добавлением цит c^- или пероксидазой хрена. В первом случае пероксидаза хрена была предварительно переведена в форму соединения I путём смешивания с H_2O_2 . В данных условиях число оборотов фермента $K_{кат}$ равно 0.03 сек^{-1} , а истинная константа Михаэлиса-Ментен K_M по цитохрому *c* в условиях насыщения по H_2O_2 равна $240 \pm 40 \text{ нМ}$. При запуске реакции окисления цит c^- добавкой пероксидазы хрена $K_{кат}$ и K_M оказались отличными от полученных в первом случае: $K_{кат} = 0.07 \text{ сек}^{-1}$, а $K_M = 100 \text{ нМ}$. Предположительно, это объясняется тем, что при смешивании пероксидазы хрена и перекиси водорода образуется ингибированная форма фермента, обладающая иными каталитическими свойствами, нежели нативный фермент.

Электроимпульсная стимуляция для лечения функциональной кишечной непроходимости

Пирязева Елена Альбертовна

Владимирский Государственный Университет

Сушкова Людмила Тихоновна, д.т.н.

helen_dav@nm.ru

Одним из наиболее частых и тяжелых осложнений раннего послеоперационного периода является парез кишечника и функциональная кишечная непроходимость, возникающие практически после любой лапаротомии брюшной полости. Эти явления связаны с расстройством эвакуаторно-моторной функции (ЭМФ) тонкой кишки. Даже самые энергичные медикаментозные и механические методы борьбы с парезом часто оказываются безрезультатными и хирургам приходится прибегать к повторным операциям, которые в этой группе больных в значительной степени ухудшают течение послеоперационного периода и увеличивают летальность. Поэтому задача быстрого восстановления послеоперационных расстройств ЭМФ желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) является чрезвычайно актуальной. Одним из наиболее эффективных способов

решения этой задачи является применение электроимпульсной стимуляции двенадцатиперстной кишки, как наиболее физиологичного способа.

Создание любого высокоэффективного технического аппарата или устройства невозможно без детального изучения и анализа принципов его действия. Применительно к медицинской аппаратуре это означает необходимость предварительного ознакомления с основными свойствами и характеристиками объекта его приложения – живого организма, именно это позволяет сформулировать как общие, так и специфические требования, которым должны удовлетворять разрабатываемые технические средства.

Электрические стимулы являются адекватным раздражителем биологических структур и их воздействие на организм не вызывает побочных, нежелательных эффектов. Электрическая стимуляция широко используется для восстановления или активизации ослабленных функций органов и тканей и в отличие от многих медикаментозных средств, стимулирующих кишечную моторику, является наиболее физиологичной, может быть точно дозирована.

Электростимуляция импульсным током сопровождается биофизическими изменениями в клетках, что приводит к появлению потенциалов действия (вызванных искусственным путем), а выражается это функциональной активностью органа или сокращением мышцы. В зоне действия импульсного тока вначале происходит колебание мембранного потенциала покоя, перерастающее в потенциал действия. Далее возникает возбуждение, которое волнообразно распространяется по мышечным волокнам. Так происходит пассивное сокращение мышцы. По мере проведения лечебных процедур нормализуется сократительная функция мышц или отмечается замещение утраченной функции.

Фактором лечебного воздействия являются импульсы тока специальной формы, определенной частоты, действующие с заданной периодичностью. На стимулирующие электроды оливы-капсулы подается импульс ступенчатой формы. Форсирование тока импульса стимуляции обеспечивает ускоренный заряд емкостной составляющей импеданса цепи нагрузки пациента, представляющей собой систему “электроды - кишечное содержимое”. При этом форма импульса тока в нагрузке более приближена к прямоугольной, а длительность переднего и заднего фронтов уменьшаются. Временные диаграммы, поясняющие работу устройства показаны на рисунке, где U_1 - напряжение на выходе усилителя мощности на холостом ходу, U_2 - напряжение на реальной резистивно-ёмкостной нагрузке, кривая 1 соответствует напряжению на нагрузке от импульса с форсированием, кривая 2 - от обычного прямоугольного импульса (см. рис.1).

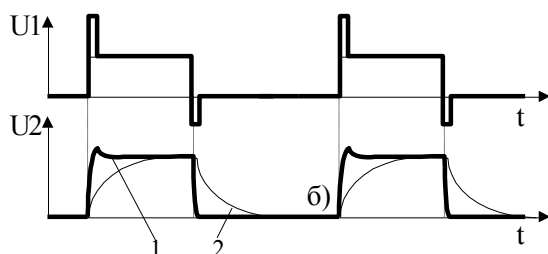


Рис. 1. Диаграммы напряжений

длительностях - прямоугольную форму с длинными экспоненциальными фронтами.

обеспечивает эффективность лечебного воздействия в связи с тем, что эквивалентное сопротивление нагрузки электродов, а именно, слизистой оболочки и химуса, имеет значительную емкостную составляющую. Поэтому реальная форма импульсов стимуляции на нагрузке при малых длительностях имеет экспоненциальную форму, а при больших

Однако известно, что импульсы истинно прямоугольной формы с малой длительностью фронта обладают более сильным возбуждающим действием, чем импульсы, нарастающие медленно.

Опытная эксплуатация электростимулятора показала, что наименьшее время для восстановления эвакуаторно-моторной способности кишечника достигается при следующих параметрах стимулирующих униполярных импульсов: амплитуда, 1 – 20 мА; длительность, 0,5 - 5,0 мс; частота, 100 – 500 Гц. Данный диапазон токов стимуляции должен обеспечиваться в интервале эквивалентных сопротивлений нагрузки от 300 до 1000 Ом, что связано с различной проводимостью жидких компонентов, содержащихся в органах желудочно-кишечного тракта.

Разработанный зонд-электростимулятор представляет собой биполярный зонд-держатель электродов, соединенный проводами и дренажной трубкой с электронным микропроцессорным блоком управления, генерирующим импульсы тока. Форма электродов выполнена в виде капсулы Ø 6...8 мм. Один из электродов и дренажная трубка снабжены аспирационными отверстиями. Внутри капсулы расположен датчик температуры. Электронный блок управления выполнен в виде малогабаритной конструкции и содержит процессорное устройство, стабилизатор тока, таймер, перезаряжаемый аккумулятор, датчик внутрикишечного давления, жидкокристаллический дисплей. На лицевой панели блока расположены клавиши управления. Дренажная трубка вблизи блока имеет отведение для ввода лекарственных препаратов и удаления содержимого требуемого отдела ЖКТ. Длина дренажной трубки 1,5...2,0 м. На дисплее отображаются параметры стимулирующего импульса, длительность процедуры, заряд аккумулятора, внутрикишечные температура и давление.

Предлагаемый зонд-электростимулятор отличается функциональной законченностью, приспособленностью к условиям обычного хирургического отделения, минимальные требования к квалификации обслуживающего персонала, надежность, малые габариты, автономное питание. Наличие диагностических возможностей существенно расширяет функциональность аппарата. Использование микропроцессора придает аппарату свойства искусственного интеллекта, т.е. обеспечивается работа в режиме “меню”, режим подсказок и блокировок неправильной установки режимов; обеспечивает мониторинг внутрикишечного давления и температуры, обработку измеренных данных и вывод диагностической информации в удобной для врача форме.

Изучение влияния восстановителей на биолюминесцентную биферментную систему сопряжённых реакций.

Прохорова Елена Владимировна

Красноярский Государственный Университет

Кудряшева Н.С., к.ф.-м.н.

Ветрова Е.В., к.б.н.

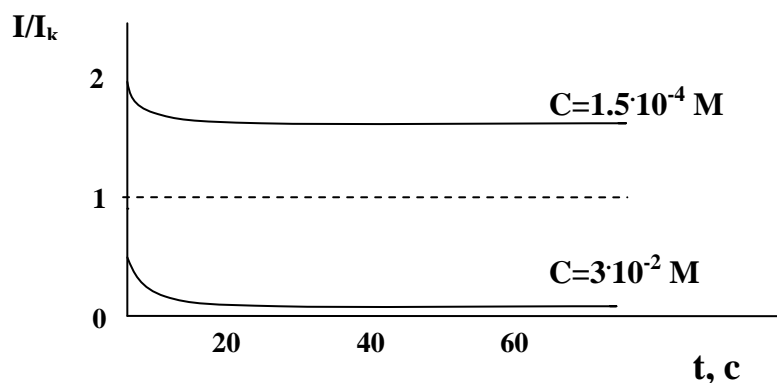
Leen@online.ru

Биолюминесцентные системы сопряженных ферментативных реакций, выделенные из светящихся морских бактерий, благодаря высокой чувствительности к

поллютантам используются в качестве биотестов в экологическом мониторинге. Особый интерес представляет изучение влияния на биолюминесценцию редокс-активных соединений, т.к. редокс-потенциал среды является одной из важных характеристик экологического состояния водных экосистем. В предыдущих работах [1] исследованы механизмы влияния окислителей на биолюминесцентные системы различной сложности, установлены зависимости кинетических параметров биолюминесценции от стандартного редокс-потенциала соединений. Вместе с тем существует необходимость анализа токсичности восстановителей в окружающей среде. Известно, что области с отрицательным редокс-потенциалом существуют во многих природных водоемах, например воде озера Шира (Хакасия) [2]. На основе биолюминесцентной биферментной системы предложен способ конструирования биолюминесцентных методик для определения содержания восстановителей в природных источниках [2]. Однако физико-химические механизмы воздействия молекул восстановителей на биолюминесцентные ферментативные системы до настоящего времени не изучены. Поэтому цель данной работы состояла в исследовании закономерностей воздействия молекул восстановителей на биолюминесцентную систему НАД(Ф)Н:ФМН-оксидоредуктаза - люцифераза.

Исследовано воздействие восстановителей (дितिонита натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ и сульфита натрия Na_2SO_3) на кинетику биолюминесценции биферментной системы НАД(Ф)Н:ФМН-оксидоредуктаза - люцифераза. Получены зависимости максимальной интенсивности биолюминесценции (I/I_k) от концентрации этих восстановителей (C, M). Показано, что при малых концентрациях восстановителя наблюдается увеличение интенсивности биолюминесценции, а при больших концентрациях - ее ингибирование. В качестве примера (см. рис.1) представлена кинетика биолюминесценции биферментной системы при ингибирующих и активирующих концентрациях дितिонита натрия ($3 \cdot 10^{-2} M$ и $1.5 \cdot 10^{-4} M$ соответственно). Активация биолюминесценции переходит в ее ингибирование при концентрации дितिонита натрия $C^* = 3 \cdot 10^{-3} M$ (см. рис.2).

Активация биолюминесценции, вероятно, связана с увеличением скорости реакции восстановления флавина в биолюминесцентной системе за счет присутствия экзогенного восстановителя и определяется его окислительно-восстановительным потенциалом. Ингибирование интенсивности биолюминесценции, вероятно, связано с уменьшением концентрации O_2 в системе, необходимого для биолюминесцентной реакции, катализируемой люциферазой. Последнее утверждение может быть проверено экспериментами по определению концентрации O_2 в биолюминесцентной системе в



присутствии восстановителей.

Рис.1

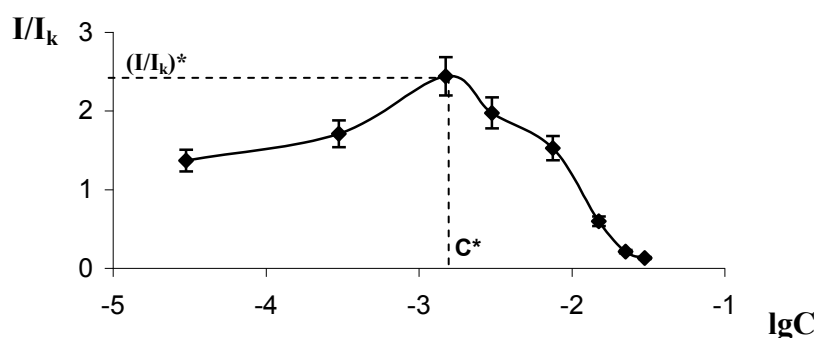


Рис.2

В таблице приведены коэффициенты ингибирования (К) биоломинесценции, рассчитанные по формуле следующему уравнению:

$$\frac{I}{I_k} = e^{-KC}$$

| Вещество | Na ₂ SO ₃ | Na ₂ S ₂ O ₄ |
|----------------------|---|---|
| Концентрации и С, М | 3 · 10 ⁻² ÷ 3 · 10 ⁻⁷ | 3 · 10 ⁻² ÷ 3 · 10 ⁻⁶ |
| С*, М | 3 · 10 ⁻⁴ | 1.5 · 10 ⁻⁴ |
| (I/I _k)* | 1.7 | 2.4 |
| К, С > С* | 74 | 110 |
| К, С < С* | -2100 | -410 |

Таким образом, исследовано влияние неорганических восстановителей на биоломинесценцию биферментной системы. Изучены интервалы концентраций, при которых восстановители ингибируют и активируют свечение. Рассчитаны коэффициенты ингибирования биоломинесценции.

Список публикаций:

- [1]. N.Kudryasheva, E.Vetrova, A.Kuznetsov, V.Kratasyuk, D.Stom. *Bioluminescent assays: effects of quinones and phenols// Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2002, V.53, N2, pp.221-225.
 [2] Vetrova E.V, Kratasyuk V.A, Kudryasheva N.S. *Bioluminescent characteristics map of Shira lake water // Aquatic Ecology*. 2002. V. 36. 2. p. 309-315.

Работа поддержана грантом REC-002 Министерства образования Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития для независимых государств бывшего Советского Союза, программа «Фундаментальные исследования и высшее образование»

Численное моделирование и исследование воздействия гипотермии на работу системы терморегуляции человека

Сафатова Марина Сергеевна

Лаврова Ольга Викторовна

Новосибирский государственный технический университет,

Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н., доцент

ttf@craft.nstu.ru

Гипотермия является эффективным методом обеспечения операций на открытом сердце, служит одной из составляющих успешного выполнения кардиохирургических вмешательств и применяется для уменьшения ишемического повреждения органов и тканей. Вместе с тем экспериментальные исследования теплофизических процессов при проведении гипотермии затруднены. Целью работы было численное моделирование и исследование работы системы терморегуляции (СТР) человека на режиме гипотермии.

В работе содержатся результаты исследования данного вопроса по двум направлениям. Во-первых, собран материал и выполнен анализ экспериментальных данных в области кардиохирургии о физиологических особенностях применения гипотермии и действия её на человеческий организм. Во-вторых, выполнено численное моделирование и первичное сравнение данных о работе системы терморегуляции человека на режиме гипотермии в условиях нахождения организма в воде и воздушной среде.

Модель расчета системы терморегуляции разделена на два последовательных этапа: гидравлический и тепловой расчет. Причем выходные данные первого из них являются исходными данными для второго. В основе модели расчёта лежит численное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена эквивалентной гидравлической схемы большого круга кровообращения, учитывающей не только состав основные потребители артериальной крови, но и особенности включения потребителей в последовательно-параллельную цепь. Завершающая часть модели расчёта представляет собой систему уравнений теплового баланса, описывающую особенности теплообмена тканей организма с окружающей средой.

Алгоритм расчёта позволяет решать *стационарную и нестационарную* постановки задачи. В первом случае устанавливаются диапазоны тепловой нагрузки на организм, а во втором – динамика изменения во времени тепловой нагрузки и температур тканей при попадании человека в фиксированные внешние условия.

Исследование режимов гипотермии. Решение системы уравнений *в стационарных условиях* позволило исследовать изменение суммарного теплового потока, выходящего из организма в воду и воздух. В итоге установлено, что с падением температуры окружающей среды наблюдается: линейное снижение теплового потока, отдаваемого организмом, до значения 800 Вт для воздуха и 4000 Вт для воды. Снижение температуры кожи до 15...20 °С уменьшает тепловую нагрузку на 250 Вт и 2000 Вт соответственно. В воздушной среде критическими тканями являются мышцы туловища, далее мышцы рук и ног. В водной среде они охлаждаются одинаково. Наименьшее охлаждение в обоих случаях наблюдается в тканях головы. Снижение кровотока через поверхностные слои кожи с 70 до 10 % приводят к резкому

нелинейному падению температуры кожи примерно на 20 ... 25 °С с пропорциональным снижением тепловой нагрузки на организм.

Исследования СТР *в нестационарных условиях* (рис. 1) было направлено на изучение изменения во времени температуры и теплового потока для различных тканей организма при различных температурах воды. В результате установлено: 1) изменение температуры внутренних (подкожных) слоёв тканей мышц ног и рук практически одинаково со "средней" температурой, полученной для всего организма; 2) выше "средней" располагаются температуры мозга и ЖКТ; 3) быстрее всех происходит охлаждение грудной клетки. Качественное поведение тканей при более высоких температурах воды одинаково, отличие состоит в интервале времени, необходимом для достижения "холодового порога". Например, при "нулевой" воде грудная клетка охлаждается до порогового значения за 7 минут, при 10-градусной – за 12 минут, а для 20-градусной – за 25 минут.

Результаты работы. В результате исследований в первом приближении изучены вопросы: локального перераспределения тепловых потоков в организме; локальное распределение температур тканей организма; вклады в общую работу механизмов химической, физической и гемодинамической терморегуляции. Проведено

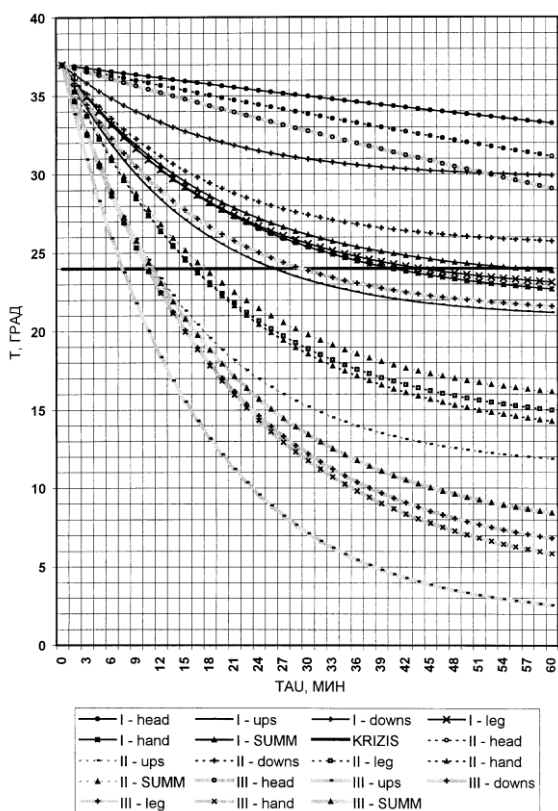


Рис. 1. Локальная тепловая нагрузка на организм человека при различных температурах воды: I – $t_{\text{воды}} = 20^\circ\text{C}$, II – 10°C , III – 0°C ; 1 – голова (head), 2 – грудь (ups), 3 – живот (down), 4 – ноги (leg), 5 – руки (hand), 6 – "средняя" (SUMM); температура "холодового порога" (KRIZIS)

сопоставление указанных параметров при различных величинах тепловой нагрузки на организм. При этом получено хорошее качественное и удовлетворительное количественное согласие с известными в литературе данными. Материалы работы могут быть полезны при разработке специального снаряжения для борьбы с гипотермией, вызванной попаданием человека в неблагоприятные внешние условия техногенного характера (аварии, катастрофы, промышленные работы на Крайнем Севере), а также могут быть полезны при разработке оборудования для реализации гипотермии в кардиохирургии.

Список публикаций:

- [1] Коцеев В.С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода. - М.: Медицина, 1981. - 287 с.
- [2] Десятов В.П. Смерть от переохлаждения организма. - Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1977. - 128 с.
- [3] Козлов В.И. Гистофизиология капилляров. - М.: Медицина, 1994.
- [4] Дьяченко Ю.В., Спарин В.А., Чичиндаев А.В. Системы жизнеобеспечения летательных аппаратов: Учеб. пособие для студ. вузов // Под ред. Ю.В. Дьяченко – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 507 с. (Серия "Учебник НГТУ").

Электронные спектры красителя в присутствии хитозана, коллагена.

Сурков Евгений Викторович

Красноярский Государственный Университет

Сизых Арнольд Гаевич, к.ф.-м.н.

surkov26@yandex.ru

В настоящее время во всем мире отмечается возрастание интереса специалистов к препаратам на основе хитина ракообразных, его производным и возможностям их использования в различных областях медицины. Хитин представляет собой линейный полисахарид, неразветвленные цепи которого состоят из элементарных звеньев 2-ацетамидо-2-дезоксид- β -D-глюкозы, соединенных 1,4- β -гликозидной связью и является широко распространенным в природе биополимером. По своим физико-химическим свойствам хитин сходен с целлюлозой, однако наличие в молекуле хитина ацетамидных групп придает этому полиаминосахариду особые и очень ценные в практическом отношении свойства: биологическую активность, биodeградируемость, радиационную устойчивость, способность к волокну- и пленкообразованию, что обуславливает его широкое применение. Среди производных хитина наибольший интерес представляет хитозан, аминополисахарид 2-амино-2-дезоксид- β -D-глюкан, образующийся при деацетилировании хитина.

В настоящее время хитину, хитозану, и их производным посвящена многочисленная литература, всемирные и европейские конгрессы, азиатско-тихоокеанские симпозиумы, активно работает европейское хитиновое общество. У нас в стране, начиная с 1983 г., проведено шесть всесоюзных и международных конференций по данной проблеме. В октябре 2001 г. в Щелково Московской области состоялись VI Международная конференция "Новые достижения в исследовании хитина и хитозана" и I съезд Российского хитинового общества (РХО).

Отдельный интерес представляет изучение электронных спектров поглощения и люминесценции образцов на основе коллагена, хитозана, с добавками акцепторов энергии возбуждения, с целью выявления роли молекул хитозана как матрицы в транспорте энергии возбуждения между донорно-акцепторными парами люминесцирующих ароматических углеводов (красителей). Это будет являться имитацией молекул лекарственных веществ, внедренных в раневое покрытие на основе хитозана и представляет практический интерес.

В настоящей работе исследованы электронные спектры возбуждения и флуоресценции двух образцов хитозана.

В качестве образцов использовались: 1) хитозан коллоидный пищевой "Амидан" (степень деацетилирования не менее 94%, молекулярная масса 10 – 15 кДа, pH 7,0) и 2) хитозан мелкодисперсный пищевой "Амидан" (степень деацетилирования не менее 95%, молекулярная масса 100 – 120 кДа, pH 7,0). Образцы представляют собой гель белого цвета. Из данных образцов приготовлены пробы, разведением в дистиллированной воде. Итоговая объемная доля хитозана была равна 0,01. Пробы представляют собой взвесь мелкодисперсных частиц.

Съемка спектров производилась на спектрофлуориметре Aminco–Bowman Series 2 (ThermoSpectronic, USA).

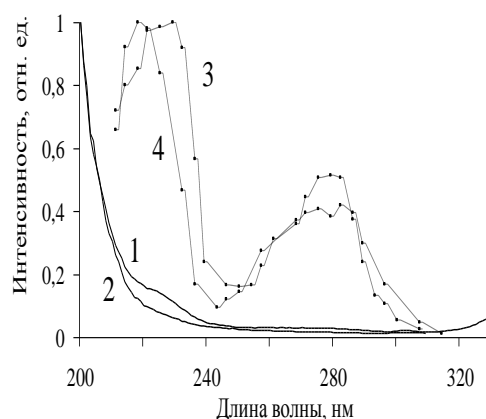


Рис. 1

Спектры возбуждения флуоресценции хитозана (1 - образец №1, 2 – образец №2; длина волны регистрации 340 нм) и спектры возбуждения фосфоресценции тирозина(3) [1], триптофана(4)[1].

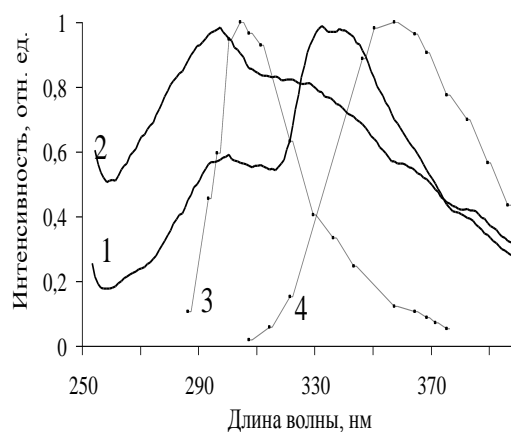


Рис. 2

Спектры флуоресценции: хитозана (1-образец №1, 2 – образец №2; длина волны возбуждения 226 нм); тирозина(3) [1], триптофана(4) [1].

Анализируя полученные результаты (рис.1, рис.2), следует отметить, что, во-первых, спектры возбуждения образцов хитозана с различными молекулярными массами имеют схожую структуру на всем протяжении, за исключением области 226 нм, где спектр образца №1 имеет более выраженный перегиб и, во-вторых, основные полосы поглощения находятся в более коротковолновой области. При длине волны возбуждения 226 нм оба образца имеют спектры флуоресценции, которые отличаются по интенсивности и характеру расположения максимумов. В целом спектр флуоресценции двух образцов имеет два максимума, в каждом из образцов эти максимумы по-разному контрастированы: в первом более выражен длинноволновый, а во втором - коротковолновый. Спектр более тяжелого хитозана смещен в коротковолновую область. Это, вероятно, является следствием различной конформации молекул образцов, что сказывается на энергетической структуре молекул и отражается на спектре.

Возникает вопрос о присутствии примесей белков. Как видно из рис. 1 спектры возбуждения триптофана и тирозина имеют характерные максимумы, которые в спектре хитозана в явном виде не проявляются. Вместе с тем структура спектров флуоресценции образцов хитозана сходна со структурой спектров тирозина и триптофана, если учесть их относительный сдвиг. Является ли это признаком присутствия примесей, содержащих тирозин или триптофан, в образцах хитозана? Однозначного ответа на этот вопрос пока дать нельзя. Можно предположить, что либо таких примесей нет, либо их концентрация пренебрежимо мала.

Полученные данные дают первоначальное представление о характере электронных спектров исследованных образцов хитозана, позволяют сделать вывод об относительном изменении характера межмолекулярных взаимодействий в образцах хитозана с разной молекулярной массой, требуют уточнить наличие примесей белкового происхождения.

Список публикаций:

[1]. Владимиров Ю.А. Фотохимия и люминесценция белков. М.: Наука, 1965.

Численное моделирование и исследование гемодинамических параметров системы терморегуляции

Толстошеева Валентина Владимировна

Номоконова Ксения Геннадьевна

Новосибирский Государственный Технический Университет

Чичиндаев Александр Васильевич, к.т.н.

[ttf@craft.nstu.ru](mailto:tjf@craft.nstu.ru)

Одним из эффективных способов исследования действия на человека экстремальных факторов является численное моделирование физических процессов в организме. В этом случае можно резко сократить дорогостоящие и опасные экспериментальные исследования. Вместе с тем количество работ в этой области в настоящий момент ограничено, либо применяются упрощённые модели расчёта. Целью настоящей работы является изложение результатов исследований, выполненных с помощью разработанной на кафедре Технической теплофизики НГТУ модели расчёта гемодинамических параметров системы терморегуляции человека.

В работе содержатся результаты исследования данного вопроса по двум направлениям. Во-первых, собран материал и выполнен анализ экспериментальных данных в области морфологических и физиологических особенностей работы системы терморегуляции и действия её на человеческий организм. Во-вторых, выполнена модификация системы уравнений по расчету системы терморегуляции человека и проведена оценка достоверности полученных новых данных.

Модель расчета системы терморегуляции разделена на два последовательных этапа: гидравлический и тепловой расчет. Причем выходные данные первого из них являются исходными данными для второго. Алгоритм расчёта позволяет решать *стационарную и нестационарную* постановки задачи. В первом случае устанавливается диапазоны тепловой нагрузки на организм, а во втором – динамика изменения во

времени тепловой нагрузки и температур тканей при попадании человека в фиксированные внешние условия.

Гидравлический расчет. На первом этапе на основании внешних физических условий (положения тела, величины физической нагрузки, действующего на человека ускорения и т.д.) выполняется расчет последовательно-параллельной цепи гидравлических сопротивлений большого круга кровообращения. Целью расчета являются величины общего минутного расхода крови в организме, а также его локального распределения по тканям, включенным в гемодинамический механизм терморегуляции.

В основе модели расчёта лежит численное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена эквивалентной гидравлической схемы большого круга кровообращения, учитывающей не только состав основные потребители артериальной крови, но и особенности включения потребителей в последовательно-параллельную цепь. Исходная математическая модель расчета расходно-напорных характеристик эквивалентной гидравлической системы представляет систему уравнений Бернулли, составленную для пяти характерных групп потребителей: 1 - голова, 2 - руки, 3 - миокард, 4 - мышцы туловища и внутренние органы, 5 - мышцы ног. Распределение кровотока в группе потребителей 4 описывалось с помощью дополнительной системы из 6 линейных уравнений, предназначенных для определения кровотока по органам и тканям туловища. На заключительной стадии проводился гидравлический расчет внешних тканей организма с целью определения расхода крови, поступающего в подкожные капилляры (элемент системы терморегуляции).

Тепловой расчет. На втором этапе производится расчет локального теплообмена отдельных органов человеческого организма в зависимости от внешних физических условий (агрегатного состояния и теплофизических свойств окружающей среды), а также в зависимости от особенностей терморегуляции конкретных тканей организма и распределения крови в них.

В алгоритм теплового расчета включены следующие элементы: *внешние ткани*, имеющие теплообмен с окружающей средой (голова, мышцы рук, мышцы грудной клетки, мышцы нижней половины туловища, мышцы ног); *внутренние ткани*, не имеющие теплообмена с окружающей средой (миокард, печень, почки, желудок, селезенка, кишечник, костный мозг); *легкие*, имеющие теплообмен с окружающей средой. При расчете внешних тканей суммарный расход крови на конкретный орган разделяется на две части: расход крови на "ядро", участвующий в теплообмене ткани, расход крови на "оболочку", участвующий в теплообмене с окружающей средой. Такая схема позволяет определять температуру внутренних и поверхностных (кожи) слоев тела. После вычисления значений температур каждой доли крови проводится расчет средней температуры крови за органом в результате их смешения. Получившиеся таким образом значения температур "венозной" крови за отдельным органом позволяют в конце расчета получать среднее значение температуры венозной крови в конце большого круга кровообращения. В заключение алгоритма выполняется расчет теплового баланса легких, который даёт величину охлаждения крови в малом круге кровообращения.

Система уравнений теплового баланса позволяет определять для каждой ткани температуру внешних (кожи) и внутренних (мышц) слоёв, а также общую и локальную тепловую нагрузку в зависимости от различных внешних условий: воздушная или

водная среда, температуры среды, наличие спецодежды, наличия внешней нагрузки или ускорений.

В исходные данные вводились: температура окружающей среды человека в диапазоне $-50...0$ °С по воздушной среде и $0...20$ °С по жидкой среде, предполагалось отсутствие специального снаряжения, моделировалось наличие или отсутствие физической нагрузки. В модели учитывается специфика работы системы терморегуляции в данном состоянии: снижение кровотока на периферические сосуды, увеличение теплопродукции тканей.

Влияние морфологических особенностей строения кровеносной системы.
Отдельное исследование было направлено на изучение действия гипотермии для различных групп населения. С этой целью в программу вводились морфологические и гистофизиологические данные о строении кровеносной системы в зависимости от возраста (в диапазоне от 10 до 50 лет) и пола [1]. Полученные первичные данные свидетельствуют о том, что возраст и пол оказывают существенное влияние на особенности работы системы терморегуляции на режимах гипотермии.

Результаты расчетов качественно и количественно согласуются с известными физиологическими данными и дают представление о локальных особенностях гидродинамики и теплообмена в организме человека.

Список публикаций:

[1] Козлов В.И. *Гистофизиология капилляров.* – М.: Медицина, 1994.

Исследование чувствительности иммобилизованной биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза-люцифераза при

**биотестировании водных экосистем,
загрязненных химическими агентами**

Торгашина Ирина Геннадьевна

Красноярский Государственный Университет

Есимбекова Елена Николаевна, к.б.н.

torira@mail.ru

В настоящее время одной из наиболее важных проблем в экологии является загрязнение водных экосистем сточными водами промышленных предприятий. В связи с этим возникла необходимость создания биотеста обладающего высокой чувствительностью к действию компонентов ответственных за химическое загрязнение.

Для определения степени загрязнения водоемов сточными водами ЦБК, главными компонентами которых являются фенолы и хиноны, используются биотесты основанные на светящихся бактериях и выделенных из них ферментативных системах. Недостатками используемых биолюминесцентных тестов является необходимость обеспечения специальных условий для хранения препаратов ферментов и бактерий, неточность дозирования реагентов и т. д. Решение этих проблем возможно путем замены лиофилизированных препаратов ферментов на иммобилизованные. Иммобилизация ферментов, т.е. включение фермента в полимерную матрицу,

позволяет стабилизировать их активность при хранении и использовании. Ранее были предложены и исследованы более десятка способов иммобилизации ферментов светящихся бактерий, но наиболее удачным методом оказалась иммобилизация в крахмальный гель, т. к. в этом случае не происходит ковалентного взаимодействия с активными группами фермента и полностью сохраняется его активность.

Цель работы состояла в исследовании возможности использования иммобилизованного реагента на основе биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза при биотестировании водных экосистем, загрязненных фенолами и хинонами.

Для получения иммобилизованного реагента чувствительного к действию фенолов и хинонов варьировали условия иммобилизации биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза. Были изучены зависимости выхода активности иммобилизованной биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза от процентного содержания крахмала, источника получения крахмала, концентрации фермента в диске. Были исследованы характеристики реагента иммобилизованного в картофельный, рисовый и кукурузный крахмальные гели. Максимальный выход активности наблюдался у биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза, иммобилизованной в картофельный гель. Оптимальным условием для иммобилизации биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза – люцифераза оказался 3,5% картофельный гель. При использовании меньших концентраций крахмального геля нарушалась целостность диска с иммобилизованным ферментом, а при использовании больших концентраций крахмала гель был трудным для дозирования.

Для сравнения чувствительности реагентов, основанных на лиофилизованной и иммобилизованной биферментной системе НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза было проведено исследование влияния на показания параметров биолюминесценции гидрохинона и бензохинона. Было показано, что добавление в реакционную смесь хинонов и фенолов приводит к изменению интенсивности свечения при использовании как лиофилизованных, так и иммобилизованных ферментов. Зависимостей времени выхода свечения на максимум от концентраций бензохинона и гидрохинона не наблюдалось для обоих препаратов ферментов.

Провели сравнение чувствительности лиофилизованной и иммобилизованной биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза–люцифераза и светящихся бактерий *Venezuela harveyi* (рис.1).

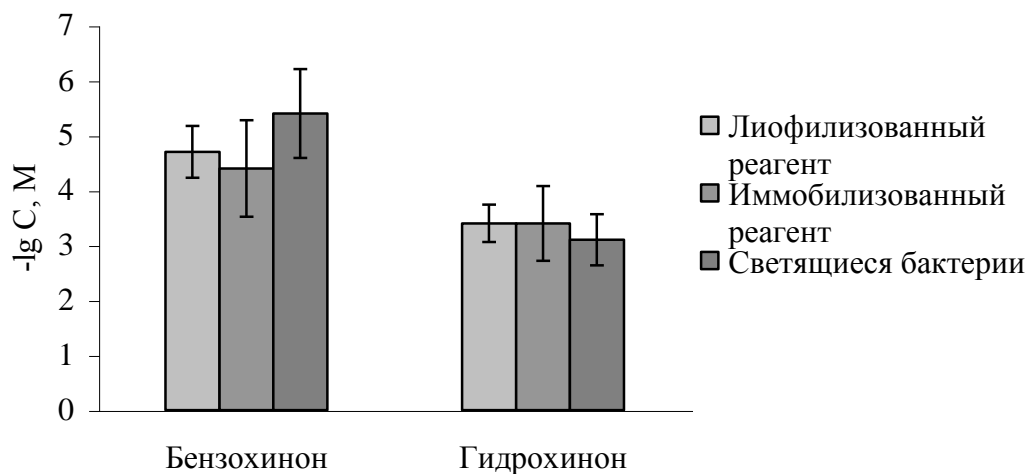


рис.1

Из рисунка видно, что тесты *in vivo* и *in vitro* практически не различаются по чувствительности к бензохинону и гидрохинону: 50% ингибирование биOLUMИнесценции для теста *in vivo* наблюдается при концентрациях бензохинона $3,7 \cdot 10^{-6}$ М и гидрохинона $7 \cdot 10^{-4}$ М, для тестов *in vitro* $2 \cdot 10^{-5}$ М и $3,8 \cdot 10^{-4}$ М соответственно.

Таким образом, для экологического мониторинга разработан иммобилизованный реагент, чувствительность которого сопоставима с чувствительностью теста на основе лиофилизованной биферментной системы светящихся бактерий и тестом *in vivo*. В то же время, иммобилизованная биферментная система НАДН:ФМН-оксидоредуктаза-люцифераза обладает рядом преимуществ, позволяющих говорить о перспективности ее использования в биотестировании: точность дозирования, возможность длительного хранения без потери активности и без обеспечения специальных условий хранения, возможность увеличения чувствительности иммобилизованных реактивов путем дальнейшего варьирования условий иммобилизации.

Работа выполнена при поддержке гранта REC002 НОЦ «Енисей» программы Минобразования РФ и CRDF.

Микробная мобилизация фосфора в условия крайнего севера.

Трусей Владимир Викторович

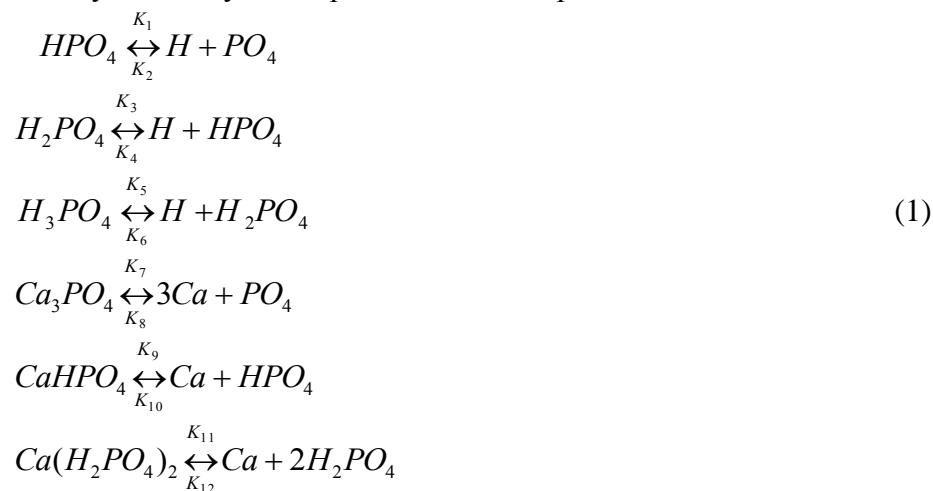
Красноярский Государственный университет

Гуревич Юрий Леонидович, д.ф.-м.н.

trusey@krasu.ru

Объектом исследования в данной работе служил процесс микробного переноса фосфора, связанного в малорастворимых неорганических соединениях, в подвижное состояние, в котором этот биогенный элемент доступен для растений. Перенос фосфора в биотических цепях моделировали ряд авторов.[1] Процесс круговорота - осаждения растворенного фосфат-иона в малорастворимые формы и рецикл его в трофические

цепи, взаимосвязан с мобилизацией фосфора микроорганизмами и включением его в растения и пищевые цепи. Особенность круговорота фосфора в экосистемах состоит в том, что он легко образует с рядом элементов (Ca^{2-} , Al^- , Fe^{3-} и др.) малорастворимые соединения. В результате этого в почве, пул общего фосфора может многократно превышать пул растворимого или доступного для растений. Поэтому для более точного представления о регуляции круговорота фосфора и обеспечения роста растений необходимо учесть как сток его из биотического цикла в малорастворимые неорганические соединения, так и рецикл. Общепринятым механизмом микробной мобилизации фосфорных минералов (фосфоритов, апатитов) считается кислотный механизм, то есть способность некоторых видов грибов и микроорганизмов выделять органические кислоты в почвенный раствор. В качестве источника фосфора растения и микроорганизмы используют один и двузамещенный ион фосфорной кислоты (H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} , в зависимости от pH среды). Предполагается что низкая концентрация растворимых соединений фосфора, определяется химической стадией, то есть процессом переосаждения. Аналогом почвенного раствора может служить водный раствор фосфорной кислоты и ионов кальция. Для ограниченного количества химических элементов получен следующий ряд химических реакций:



Где k_1 - k_{12} - динамические константы химических реакций.

Стационарные концентрации реакций определяются константами диссоциации фосфорной кислоты и константами растворения фосфорных минералов. Три- ди- и монофосфат кальция расположены в порядке возрастания растворимости. Их константы растворимости: $K_3=10^{-29}$, $K_2=10^{-14}$, $K_1=10^{-11}$. На основе химических уравнений построена динамическая модель, которая выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial x_1}{\partial t} &= k_3 x_4 - k_2 x_1 x_3 + k_3 x_4 - k_4 x_1 x_4 + k_5 x_6 - k_6 x_1 x_6 \\
 \frac{\partial x_2}{\partial t} &= k_7 x_7 - k_8 x_2^3 x_3^2 + k_9 x_8 - k_{10} x_2 x_4 + k_{11} x_9 - k_{12} x_2 x_5 \\
 \frac{\partial x_3}{\partial t} &= k_1 x_4 - k_2 x_1 x_3 + k_7 x_7 - k_8 x_2^3 x_3^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x_4}{\partial t} &= k_2 x_1 x_3 - k_1 x_4 - k_4 x_1 x_4 + k_3 x_5 - k_{10} x_2 x_4 + k_9 x_8 \\
\frac{\partial x_5}{\partial t} &= k_4 x_1 x_4 - k_3 x_5 - k_{12} x_2 x_5^2 + k_{11} x_9 - k_6 x_1 x_5 + k_5 x_6 \\
\frac{\partial x_6}{\partial t} &= k_6 x_1 x_5 - k_5 x_6 \\
\frac{\partial x_7}{\partial t} &= k_8 x_2^3 x_3^2 - k_7 x_7 \\
\frac{\partial x_8}{\partial t} &= k_{10} x_2 x_4 - k_9 x_8 \\
\frac{\partial x_9}{\partial t} &= k_{12} x_2 x_5^2 - k_{11} x_9
\end{aligned}
\tag{2}$$

Динамика химических реакций рассчитывалась в среде Matlab 5.3. Константы химических реакций были получены из учета соотношения $K = k_1/k_2$, где K – константа равновесия, k_1/k_2 – константы удельной скорости прямой и обратной реакции.

В результате анализа расчетов модели можно сделать следующие выводы.

При различных начальных концентрациях кальция и фосфорной кислоты можно было выделить несколько стадий динамики переосаждения.

1. Диссоциация фосфорной кислоты.

2. Осаждение в малорастворимые соединения, причем большая часть фосфора осаждается в дифосфат кальция, что объясняется стехиометрией процесса.

3. Дальнейшее переосаждение в наименее растворимый Ca_3PO_4 .

Полученные данные подтверждаются экспериментально. Так через тридцать суток в Ca_3PO_4 переосаждается 75% фосфора.

4. Для растений и микроорганизмов фосфор доступен в ходе второй стадии.

5. Из-за несоизмеримости скоростей реакций, имеет смысл моделирование растворения только $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Влияние дефицита железа на спектры флуоресценции хлорофилла.

Фатеева Наталья Леонидовна

Тимофеев Валерий Иванович

Томский Государственный Университет

Матвиенко Геннадий Григорьевич д.ф-м.н

fnl@iao.ru

Всем давно известно, что растения обладают способностью флуоресцировать при оптическом возбуждении с квантовым выходом, достаточным для решения диагностических задач. Все они обладают полосами флуоресценции, положение, форма и интенсивность которых могут быть использованы для диагностики состояний, видов

и этапов развития и роста деревьев. Эффективность межпигментной и межкомплексной передачи энергии зависит от природы пигментов, структурной организации фотосинтетического аппарата, условий среды. Высокая эффективность миграции энергии, структура энергетических уровней каротиноидов и ксантофиллов приводят к тому, что при обычных условиях окружающей среды дополнительные пигменты, за исключением фикобилипротеинов, в естественных системах не флуоресцируют. Способностью к флуоресценции обладают молекулы хлорофилла а, входящие в состав ССК антенны ФСII. Нами была разработана установка и опробована методология оптической диагностики физиологического состояния растений, позволяющая исследовать изменение наиболее быстрой части флуоресценции растений *in vivo*. Флуориметрия как метод спектрального анализа и диагностики растений обладает достоинствами, делающими ее чрезвычайно привлекательной. Во-первых, полоса флуоресценции смещена (и иногда весьма значительно) в длинноволновую область спектра относительно полосы поглощения, что позволяет при регистрации флуоресценции отстраиваться от фона, создаваемого упругим рассеянием фотонов на неоднородностях среды (рассеянием Рэлея и Ми), и эффективно подавлять этот фон. Во-вторых, сечение флуоресценции для хорошо флуоресцирующих пигментов растений настолько велико, что позволяет регистрировать флуоресценцию растения с чрезвычайно низкой концентрацией флуоресцирующих молекул. Замена обычных источников возбуждающего излучения на лазеры значительно улучшает характеристики флуоресцентного анализа в классическом варианте (в частности, еще больше поднимает чувствительность). Однако существует ряд препятствий связанных с измерением флуоресцентного отклика у растений. Первое препятствие - большая ширина полос флуоресценции растительного покрова и перекрытие полос разных растений, одновременно присутствующих в природной среде. Второе препятствие - идентичность или близость полос флуоресценции представителей одного класса растений, поскольку, как правило, флуоресцирующие центры в них одни и те же. Третье препятствие: изменение состояния растения, как правило, практически не отражается на форме и положении полос флуоресценции, но влияет на ее интенсивность. Это затрудняет определение концентрации хлорофилла в растении по интенсивности флуоресценции но все же дает возможности проводить диагностику состояния растения.

Лидарный комплекс обладает длиной волны возбуждения 532 нм и зондирования 685 и 740 нм. Отношение интенсивности флуоресценции хлорофилла на 685 и 740 нм. коррелирует с концентрацией хлорофилла в живых растениях.. С целью выяснения влияния некоторых стрессовых факторов на фотосинтетический аппарат растений, нами было рассмотрено изменение содержания хлорофилла а в листьях кукурузы. Первая экспериментальная группа помещалась в раствор Кнопа, в питательной среде второй отсутствовало железо. Т.к. железо необходимо растению для переноса электронов при фотосинтезе, то его дефицит вызывает хлороз между жилками на молодых. Также было замечено, что еще до появления внешних признаков хлороза у экспериментальных образцов, происходит изменение спектров флуоресценции хлорофилла растения, перераспределение энергии между максимумами и сдвигение самих максимумов, что наблюдается у растений только при изменении питания. Контрольные измерения проводятся с помощью биохимического метода. Метод лазерно-индуцированной флуоресценции от большинства стандартных биологических методов исследования отличается более высокой точностью и меньшей трудоемкостью, что позволяет уменьшить время обработки и человеческие ресурсы.

Это предоставляет возможность проводить экспресс-анализ состояния растительных экосистем, создавая большие массивы данных для проведения систематических исследований в течении многих лет. Объектами исследования, кроме экстракта пигментов, служат живые растения (*in vivo*), что позволяет судить о физиологическом состоянии растительного покрова, важнейшего звена в природных экосистемах.

Биолюминесцентный мониторинг токсичности поллютантов в присутствии гуматов

Федорова Елена Сергеевна

Красноярский Государственный Университет

Кудряшева Надежда Степановна, к.ф.-м.н

Кузнецов Александр Михайлович

Leen@online.ru

Одна из основных проблем современного человечества – борьба с загрязнением окружающей среды. Поэтому поиск путей снижения токсичности поллютантов является сегодня актуальной задачей. В последнее время накапливается всё больше данных об ослаблении токсического действия некоторых соединений в присутствии гуминовых веществ, которые являются продуктом разложения органической массы в почве. Кроме того, применение гуматов увеличивает урожай, сокращает внесение минеральных удобрений и улучшает структуру почвы. По химической структуре гуминовые кислоты – высокомолекулярные конденсированные ароматические соединения, в которых установлено наличие фенольных гидроксильных, карбоксильных, карбонильных, и ацетатных групп. Элементарный состав: 50-70% С, 4-6% Н, 25-35% О, 3-6% N. Воднорастворимые гуматы обладают физиологической активностью.

Для изучения действия гуматов обычно используют простейшие биологические тестовые системы. В частности, в работах Стома Д.И. (Иркутский госуниверситет) использовалась лабораторная культура ветвистоусых рачков *Daphnia magna* (Straus). В присутствии гумата прослеживалось снижение токсичности нефтепродуктов. На основе полученных данных сделано предположение, что активность гуматов реализуется за счет их способности изменять проницаемость клеточных мембран.

Для того чтобы проверить это предположение и исследовать детали механизма снижения токсичности гуматом, необходимо использовать более простые тест-системы. Преимуществом здесь обладают биолюминесцентные системы бактерий. В настоящее время используется в качестве биотестов бактериальные биолюминесцентные системы различной сложности: живые бактерии, биолюминесцентные ферментативные системы сопряженных реакций, а также моноферментная реакция, катализируемая бактериальной люциферазой. Для определения наиболее чувствительной к действию гуматов стадии метаболического процесса бактерий необходимо сравнить их действие на указанные системы различной сложности.

Начальным этапом этой работы было изучение влияния гуматов на токсический эффект, оказываемый на люминесцентные бактерии *Photobacterium phosphoreum*. В качестве токсичного модельного соединения был выбран 1,4-бензохинон. Известно, что

хиноны являются продуктами окисления наиболее распространенных органических поллютантов – фенолов. Получена зависимость интенсивности биолюминесценции (I/I_0) от концентрации бензохинона (C , М) (рис.1). Для определения возможности снятия токсичности бензохинона в присутствии гумата выбрана концентрация бензохинона, подавляющая интенсивность биолюминесценции на 50% ($C^*=5 \cdot 10^{-7}$ М) (см. рис.1).

Варьировали концентрацию гумата в растворе биолюминесцентные бактерии + бензохинон ($C^*=5 \cdot 10^{-7}$ М). Оказалось, что при больших концентрациях гумата ($C > 1,25 \cdot 10^{-1}$ мг/мл) интенсивность биолюминесценции уменьшается. На основе анализа спектральных данных установлено наличие перекрывания спектра биолюминесценции и спектра поглощения раствора гумата, что указывает на возможность тушения биолюминесценции в результате излучательного и безызлучательного переноса энергии на возбужденные энергетические уровни молекул гумата.

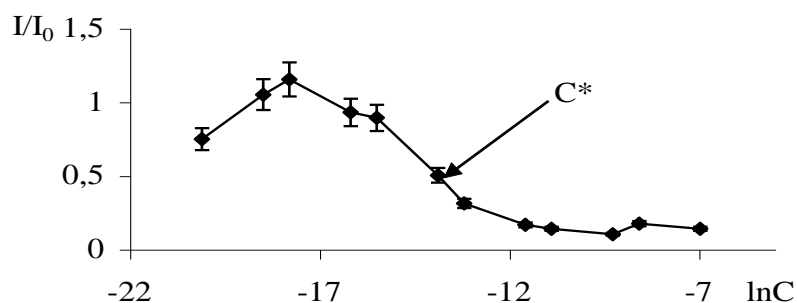


Рис.1

На рис.2 представлена зависимость интенсивности биолюминесценции бактерий в присутствии бензохинона от концентрации гумата. На этом рисунке контрольное значение интенсивности биолюминесценции без бензохинона соответствует величине $I/I_0 = 1$ (пунктир); $I/I_0 = 0,5$ (вторая пунктирная линия) соответствует интенсивности биолюминесценции в присутствии бензохинона ($C^*=5 \cdot 10^{-7}$ М); Из этого рисунка видно, что в интервале концентраций гумата $1,25 \cdot 10^{-2}$ мг/мл $< C < 1,25 \cdot 10^{-1}$ мг/мл наблюдается увеличение интенсивности биолюминесценции в присутствии бензохинона, и, следовательно, ослабление токсичного влияния этого соединения.

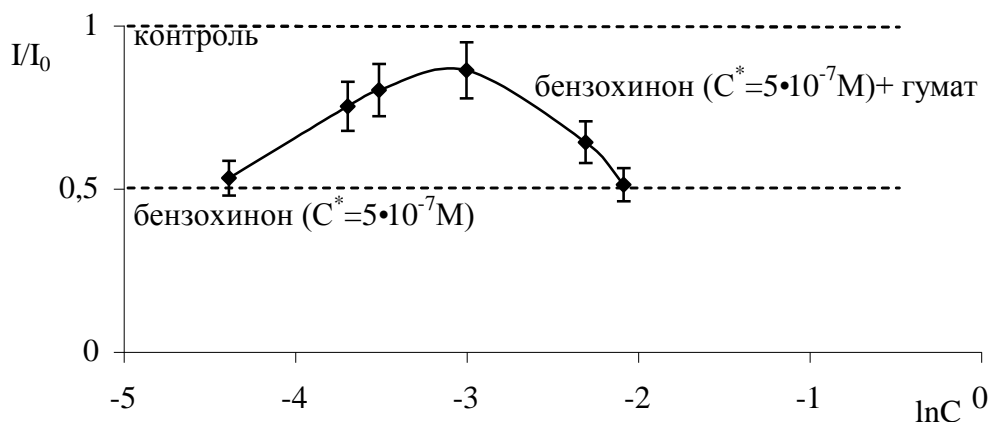


Рис.2

Таким образом, в работе осуществлен подбор условий и зарегистрирован эффект ослабления гуматом токсического действия органического токсиканта.

Работа поддержана грантом REC-002 Министерства образования Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития для независимых государств бывшего Советского Союза, программа «Фундаментальные исследования и высшее образование»

Оценка роли физических свойств антигенных детерминант в иммунном ответе

Шуваев Андрей Николаевич

Самченко Александр Анатольевич

Красноярский государственный университет

Ганусов Виталий Владимирович, к.ф.-м.н., Брильков Анатолий Васильевич, д.б.н.

Известно, что в иммунном ответе организма на вторжение чужеродных антигенов основную роль играют антигенные детерминанты, специфические участки молекул антигенов, которые непосредственно связываются с антителами, а именно с местами связывания на молекуле рецептора. В настоящей работе построена и проанализирована математическая модель иммунного ответа с учетом физических свойств и геометрии антигенных детерминантов. Цель работы состоит в изучении структуры антигенного детерминанта и мест связывания у рецепторов, изучение их физических свойств с последующим изучением физического процесса взаимодействия этих молекул

В модели предполагается, что все возможные формы антигенных детерминантов лежат внутри некоторого пространства значений (V). Антигенный детерминант идеально подходит к месту связывания на рецепторе и может связаться с любым из них со значением V_i . Таким образом, антигенный детерминант может быть распознан $n \frac{V_i}{V}$ количеством рецепторов. Тогда вероятность быть распознанным для антигена может быть оценена как $P = (1 - \frac{V_i}{V})^n = e^{-n \frac{V_i}{V}}$. Процесс связывания носит вероятностный характер, причем все случаи - произошло "узнавание" или нет - принимаются равновероятными. При этом предполагается, что все рецепторы имеют одинаковую структуру. Анализ модели показывает, что для успешного иммунного ответа требуется, в идеализированном случае, порядка 10^5 - 10^6 рецепторов. С учетом ограничений, наложенных физическими свойствами антигенных детерминантов, ожидается увеличение этого порядка.

Математическое моделирование иммунного ответа, его возникновения и последующей реализации внутри клетки позволяет понять механизмы иммунного ответа, определить ключевые звенья иммунной памяти и гуморального иммунитета..

Анализ реакции радиального роста деревьев на изменения условий роста с помощью функции рангового распределения.

Шипицына Екатерина Юрьевна

Красноярский Государственный Университет

Свидерская Ирина Викторовна, к.б.н.

Суховольский Владислав Григорьевич, д.б.н

katushaily@mail.ru

Ранговое распределение (распределение Парето) широко используется для анализа распределения ресурсов и конкурентных отношений в экономике и экосистемах. Использование данного распределения для анализа процессов в экосистемах основано на принципе оптимизации функции экологической полезности.

В предлагаемой работе рассматриваются возможности применения этого подхода для анализа особенностей реакции темпов радиального роста деревьев на изменения условий роста. Объектами исследования являются временные серии ширины годичных колец деревьев основных лесообразующих пород сибирских лесов: сосны, лиственницы, ели и пихты. Группы деревьев различались по эколого-климатическим условиям, температурному режиму и режиму увлажнения. Кроме того, специально выделялись группы деревьев, которые подвергались дефолиации в очагах массового размножения насекомых, таких как *Bupalus piniarius L.*, *Dendrolimus superans Tchets.*

Временная изменчивость ширины годичных колец многокомпонента и обуславливается погодными и фитоценозными факторами. В контексте данного исследования наибольший интерес представляет высокочастотная компонента изменчивости, которая связана прежде всего с метеорологическими условиями текущего сезона роста. Для выделения этой компоненты исходные ряды ширины годичных колец подвергались высокочастотной фильтрации фильтром Гана [1].

Целью данного исследования послужила попытка классификации различных видов деревьев по характеру реакции радиального роста на изменения условий роста при помощи функции рангового распределения.

На рис. 1 показано ранговое распределение высокочастотных максимумов ширины годичных колец деревьев сибирской лиственницы. Основными параметрами распределения являются коэффициенты уравнения регрессии $-\ln(F) = a \cdot x + b$, где F - функция рангового распределения, x - максимальное значение ширины годичного кольца, a, b - коэффициенты, а также величина коэффициента корреляции.

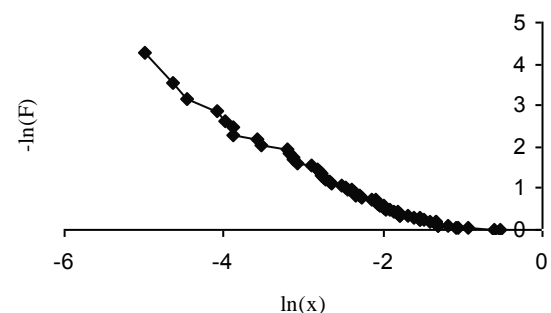


Рис. 1

Установлена изменчивость параметров распределения в связи с экологическими условиями. Выяснилось, что как дефолиация, так и заметное ухудшение условий роста приводит к заметному изменению угла наклона линии регрессии, что связано с увеличением амплитуды колебаний ширины годичных колец у дефолированных деревьев.

Таким образом, распределение высокочастотных экстремумов ширины годичных колец позволяет установить наиболее характерные особенности реакции радиального роста в связи с изменением условий роста в сезоне.

Список публикаций:

[1] Р.В. Хемминг. *Цифровые фильтры*. Москва: Недра, 1987.

Мультикомпонентный T2-анализ в МРТ на молочном фантоме и *in vivo*

Юдина Анна Юрьевна

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова

Куприянов Дмитрий Алексеевич, к.ф.-м.н.

mel2@newmail.ru

Кривая спада T2 в тканях мозга носит мультиэкспоненциальный характер. В норме можно выделить три составляющих сигнала – три пика на графике зависимости амплитуды сигнала от T2: в районе T2=15-30 мс («короткое T2»), T2=70-150 мс («среднее T2») и T2 > 2 с. Пик, связанный самым длинным T2, соотносят со спинномозговой жидкостью (ликвором). «Средний» пик связан с внутриклеточной и межклеточной водой, а короткое T2 приписывают воде миелина – белково-липидного образования, основными функциями которого являются изоляция и питание нервного волокна [1]. В белом и сером веществе мозга основной вклад вносят короткая и средняя составляющие T2. Задача мультикомпонентного T2-анализа – выделить эти составляющие и рассчитать процентное содержание каждой из фракций. Информация о степени миелизации нервных волокон важна как для диагностики и наблюдения динамики демиелизирующих заболеваний (рассеянный склероз и так далее), так и в целях автоматической сегментации (выделения анатомических структур) МРТ-изображений.

Отработка методики для томографа Bruker Tomikon S50 осуществлялась при помощи фантома на основе белково-липидной эмульсии – молока и сливок различной степени жирности. Молоко – один из немногих естественных объектов, демонстрирующий биэкспоненциальный характер спада свободной индукции; процент содержания фракции с коротким T2 соответствует жирности молока, что дает непредвзятый ориентир для оценки точности методики. Данных о его T2-анализе на томографе с напряженностью поля 0.5 Тл нет, так что помимо отладки самой методики было очень интересно сравнить полученные результаты с данными более высокопольных томографов.

В качестве фантомного материала использовалось молоко 1.5% и 3.5% жирности и сливки 10% и 20% жирности (все - «Домик в деревне», производитель – Вимм Билль Данн). Образцы исследовались в пластиковых контейнерах емкостью 0.2 л на головной катушке (Headcoil). Для T2 релаксометрии использовалась импульсная последовательность T2map (MSE – Мульти Спин-эхо). Изображения получались при следующих параметрах последовательности: TR=6000 ms, разрешение 0.1500x0.1500, 48 эхо, TE (промежуток между эхо) - 10.5 ms. Биэкспоненциальная аппроксимация проводилась в Origin 6.1 методом наименьших квадратов.

Аналогичным образом исследовались ткани головного мозга *in vivo*. В качестве регионов интереса использовались стандартные для подобных исследований три области в белом и три области в сером веществе мозга. Это corpus callosum genu (колени мозолистого тела), corpus callosum splenium (валик мозолистого тела), major forcers (окципитальное белое вещество) и gyrus cinguli (поясная извилина), insular cortex (островковая кора), cort. substantia grisea (кортикальное серое вещество).

По итогам работы можно сделать следующие выводы.

1. На основании полученных путем биэкспоненциальной аппроксимации данных вычислено процентное содержание «короткой» фракции молока, которая высоко коррелирует его с жирностью (с коэффициентом близким к 1).

2. Короткие и длинные T2 сопоставимы с полученными в исследованиях на более высокопольных томографах. Завышение этих цифр объяснено влиянием поля.

3. Корреляция процентного содержания «короткой» фракции с жирностью достаточно достоверна для того, чтобы различать образцы по этому параметру. По результатам измерений абсолютные отклонения от данных производителем значений жирности составляют 0.93%, 0.63%, 1.41%, 2.47% для жирности 1.5%, 3.5%, 10% и 20% соответственно. Как и ожидалось, наибольшие абсолютные погрешности характерны для образцов малой жирности – это связано со сложностью разрешения экспоненты со столь незначительным вкладом.

4. Короткая и длинная составляющая T2 находятся в диапазоне значений мягких тканей головного мозга *in vivo*, что позволяет использовать данную методику для соответствующих исследований.

5. Проведенная в трех регионах интереса белого вещества и в трех регионах интереса серого вещества аппроксимация зависимости интенсивности сигнала от времени *in vivo* позволила по отработанной на фантоме методике вычислить времена релаксации короткой и средней компоненты T2 вещества мозга *in vivo* для томографа Bruker Tomikon 0.5 Тл.

6. Установлено процентное содержание фракции миелина в нормальных тканях головного мозга. Среднее подсчитанное содержание фракции миелина в белом веществе - 13,14%, в сером веществе - 3,96%, что находится в соответствии с результатами, полученными на томографах с полем 1.5 Тл.

Изучение патологических процессов в головном мозге при помощи МР-релаксометрии

Юдина Анна Юрьевна

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова

Куприянов Дмитрий Алексеевич, к.ф.-м.н.

mel2@newmail.ru

В работе были изучены некоторые закономерности изменения времен релаксации в зависимости от типа ткани и патологии головного мозга, на основании которых можно делать выводы о форме и степени повреждения вещества мозга.

В исследованиях по T1 и T2 релаксометрии нормальных структур мозга принимало участие пять здоровых добровольцев. Во вторую группу вошли больные с патологическими изменениями в веществе головного мозга. T1 и T2 релаксометрия была проведена для больного с диагнозом «астроцитомы» и T2- релаксометрия - для больного с диагнозом «рассеянный склероз». Помимо измерения времен релаксации в стандартных областях, аналогичное исследование проводилось также в районе патологии – склеротических бляшек (очагов демиелизации) при рассеянном склерозе и патологического образования в случае астроцитомы.

Для исследований *ex vivo* использовался головной мозг пациентки К., 70 лет, скончавшейся на пятый день после инсульта левого полушария. Исследования проводились на вторые, третьи и пятые сутки после смерти (через 30, 50 и 100 часов после смерти соответственно). Измерения времен релаксации осуществлялись в стандартных для подобных исследований областях белого и серого вещества, а также в пяти концентрических регионах интереса кровоизлияния.

По итогам работы можно сделать следующие выводы.

1. Усредненные результаты проведенной релаксометрии вещества головного мозга *in vivo* позволяют судить о нормальных значениях времен релаксации при исследовании на томографе Bruker Tomikon 0.5 Тл.

2. Среди здоровых добровольцев прослеживается тенденция увеличения значений T2 в ряду *corp. callosum genu* (колени мозолистого тела) – *corp. callosum splenium* (валик мозолистого тела) – *major forceps* (окципитальное белое вещество): 110 мс, 114 мс и 118 мс соответственно. Значения T2 в кортикальном сером веществе выше, чем в других регионах интереса.

3. Времена релаксации в очагах демиелизации существенно выше нормы, что объясняется выходом ранее связанной воды миелина во внутри- и межклеточное пространство при разрушении миелиновой оболочки. Все три времени релаксации характерны для склеротических бляшек, в которых преобладает процесс глиоза (активное образование рубцов, происходящее по причине увеличения числа астроцитов путем митоза). Данные релаксометрии позволяют сделать вывод об отсутствии воспалительных процессов в указанных бляшках, что согласуется с состоянием стойкой ремиссии у больного.

4. T1 и T2 в астроцитоме увеличены по сравнению с нормальным белым и серым веществом. В центре образования (наиболее трансформированном участке) они сопоставимы с временами релаксации ликвора, постепенно уменьшаются по мере удаления от него, снижаясь к периферии до значений в полтора (серое вещество) – два (белое вещество) раза выше нормы. По данным релаксометрии можно сделать вывод, недоказуемый при обычном исследовании, о том, что патологический процесс затронул правый желудочек.

5. Прослежены некоторые элементы динамики кровоизлияния *ex vivo*. Достоверных особенностей по сравнению с кровоизлиянием *in vivo* не обнаружено – возможно, их можно было бы выявить сравнением с T1-взвешенным изображением.

6. Полученные значения T2 для белого вещества мозга *ex vivo* оказались значительно (на 20 -30%) выше, чем аналогичные значения *in vivo*, в то время, как значения T2 для серого вещества в пределах допустимых погрешностей совпадают со временами спин-спиновой релаксации *in vivo*.

7. Повышение времени спин-спиновой релаксации в белом веществе головного мозга можно объяснить высвобождением связанной воды миелина и ее выходом во внутри- и межклеточное пространство. Подтверждением этому является факт очень близких значений $T2$ *ex vivo* и *in vivo* в сером веществе, бедном миелином (серое вещество преимущественно состоит из немиелизированных волокон). То, что значения $T2$ в белом веществе практически не меняются со временем говорит о том, что предполагаемый выход ранее связанных протонов миелина во внутри- и межклеточное пространство происходит в первые сутки после смерти.