

**Научно-исследовательское подразделение биофизики  
кафедры физической и биомедицинской электроники НТУУ  
«КПИ»**



**Лошицкий Павел Павлович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ФБМЭ.

1945 года рождения. В 1970 г. с отличием окончил Одесский государственный университет им. И.И. Мечникова. Кандидатскую диссертацию защитил в 1983 г., докторскую – 1990 г. с 2005 г. – профессор; Лауреат Государственной премии Украины – 1986 г. На кафедре ФБМЭ работает с 1995 г.

Автор более 160 научных работ, 1 монографии, 44 изобретений.

Научная деятельность связана с исследованием нелинейной динамики систем, в том числе с развитием теории и твердотельной техники крайне высокочастотного диапазона, взаимодействием биологических объектов и водных растворов с физическими полями, биомедицинской электроники.

Подготовил 5 кандидатов наук.

Основные научные труды: «Взаимодействие биологических объектов с физическими полями», «Твердотельные генераторы шума миллиметрового диапазона длин волн», «Моделювання біофізичних процесів. Вступ до синергетики».



**Николов Николай Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры ФБМЭ

1977 года рождения. В 1994 – 2000 гг. учился на кафедре физической и биомедицинской электроники (ФБМЭ) факультета электроники НТУУ «КПИ» и получил квалификацию «магистр». С 1999 по 2006 г. работал инженером-радиологом в отделении радионуклидной диагностики на базе кафедры медицинской радиологии с курсом радиационная медицина Национального медицинского университета им. А.А. Богомольца. После окончания заочной аспирантуры на кафедре ФБМЭ в 2006 г. под руководством профессора Лошицкого П.П. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Физиотерапевтические приборы со стохастическим пространственно-неоднородным низкочастотным электромагнитным полем». С 2006 г. работает старшим научным сотрудником в научно-исследовательской лаборатории медицинской физики и биоинженерии Национального института рака. Преподавательской работой на кафедре ФБМЭ занимается с 2004 г. Вел курсы «Взаимодействие физических факторов с биологическими объектами», «Прикладная биофизика», «Математическое моделирование биофизических процессов». С сентября 2010 г. проходит обучение в докторантуре НТУУ «КПИ».

Николов Н. А. имеет более 70 научных публикаций, среди них 11 патентов Украины, 10 тезисов докладов. Сфера научных интересов: исследование влияния физических факторов на биологические объекты, в частности на злокачественные опухоли, методы обработки и анализа скинтиграфических данных, исследование самоорганизации физических и биологических систем, исследование возможности использования магнитных наночастиц в онкологии.



**Минзяк Дмитрий Юрьевич**, магистр электроники, аспирант НТУУ «КПИ».

1986 года рождения. Закончил физико-технический лицей при Херсонском государственном техническом университете. В 2004 г. поступил в КПИ на кафедру физической и биомедицинской электроники. С 2010 г. зачислен в аспирантуру по специальности 05.11.13 – Методы контроля и определения состава веществ. Научные интересы - исследование свойств биологических растворов и их взаимодействие с внешними физическими факторами.

### *1. Учебные дисциплины*

1. Прикладная биофизика – 1. Основы общей биофизики (Николов Н.А.)
2. Прикладная биофизика – 2 (Лошицкий П.П., Николов Н.А.)
  - 2.1. Взаимодействие биологических объектов с физическими полями
  - 2.2. Моделирование биофизических процессов
3. Математическое моделирование систем и процессов (Лошицкий П.П.)

### *2. Научные интересы подразделения*

Научные интересы связаны с изучением нелинейных динамических систем:

- волновые процессы в плазме твердого тела;
- геликонные волны, лавинно-пролетные диоды (особенности и режимы);
- сверхширокополосные твердотельные генераторы шума с уровнем шума  $\sim 60$  дБ/кТ<sub>0</sub>;
- локация ближним полем;
- шумовая локация;
- взаимодействие биологических объектов с физическими факторами;
- вода и водные растворы (спонтанные колебания, взаимодействие с естественными и искусственными физическими факторами крайне низкой интенсивности, дистанционное определение параметров);
- стохастические свойства и явления в биологических объектах; нелинейная динамика, самоорганизация, хаос в биологии, медицине и технике;
- синергетические свойства и явления в биологических объектах;
- обработка медицинских изображений;
- обработка и анализ сцинтиграфических данных;
- действие электромагнитных полей на злокачественные опухоли;
- радиочастотная гипертермия злокачественных опухолей;
- разработка фантомного обеспечения для ядерной медицины и ультразвуковой диагностики;
- технология применения наночастиц для лечения и диагностики злокачественных опухолей;
- механо- и магнетохимическая активация препаратов;
- спонтанная люминесценция водных растворов.

### 3. Разработки подразделения

#### 3.1. Разработка высокочастотных генераторов шума

На базе Государственного научно-исследовательского института «Орион» разработан ряд серийных генераторов шума на лавинно-пролетных диодах (ЛПД) миллиметрового диапазона длин волн (главный конструктор *Лошицкий П.П.*) с уровнем шума  $25 \pm 1,5$  дБ от  $kT_0$  (рис. 1).

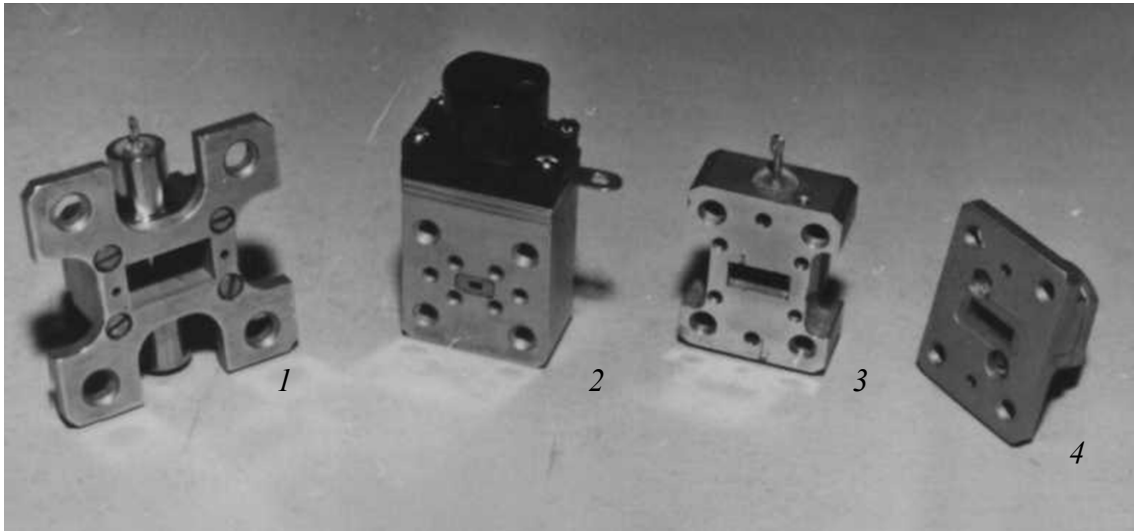
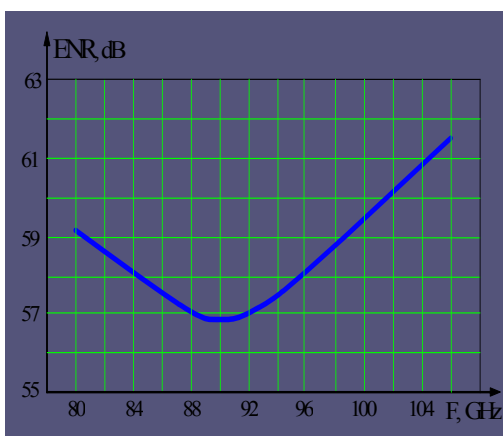
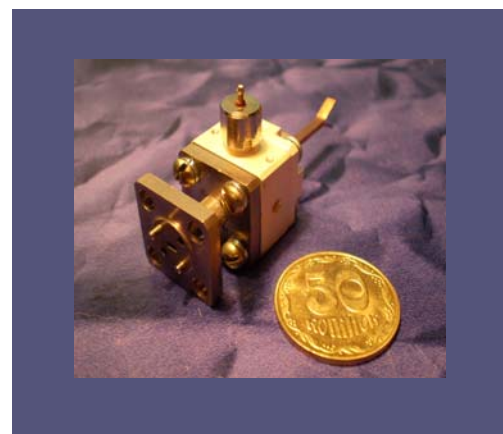


Рис.1. Серийные генераторы шума на лавинно-пролетных диодах миллиметрового диапазона длин волн с уровнем шума  $25 \pm 1,5$  дБ от  $kT_0$ : 1 – сечение 10,67 x 5,32; 2 – сечение 1,651 x 0,826; 3 – сечение 7,112 x 3,556; 4 – сечение 7,112 x 3,556. Вес генераторов порядка 4,7 г

Разработан генератор шума на ЛПД (главный конструктор *Лошицкий П.П.*), работающий в аномальном режиме в диапазоне 80...110 ГГц с уровнем спектральной плотности мощности шума более 50 дБ от  $kT_0$  (рис. 2).



спектральная характеристика величины  
шума от частоты



внешний вид генератора шума

Рис. 2. Генератор шума на ЛПД, работающий в аномальном режиме

### 3.2. Разработанные медицинские устройства

**3.2.1.** На основе генераторов низкоинтенсивного электромагнитного излучения, разработанных на базе Государственного научно-исследовательского института «Орион», был реализован целый ряд приборов медицинского назначения под общим названием «Оратория» (главный конструктор *Лошицкий П.П.*). К наиболее удачным моделям можно отнести: физиотерапевтическое устройство низкочастотного воздействия на биологически активные точки «Оратория– 6» (рис. 3), имеющий размеры и вес, соизмеримые с пишущей ручкой, что позволяет его использование в домашних условиях; широкополосный генератор шума для КВЧ-терапии «Оратория-IV» (рис.4).



Рис. 3. Физиотерапевтическое устройство «Оратория– 6»



Рис. 4. Широкополосный генератор шума для КВЧ– терапии «Оратория-IV»

**3.2.2.** На базе Национального института рака в научно-исследовательской лаборатории медицинской физики и биоинженерии (руководитель проф. *Орел В.Э.*) Группа принимала активное участие в разработке аппарата «Магнитерм» ( $27,12 \pm 0,16$  MHz) для умеренной гипертермии злокачественных опухолей (рис. 5). В отличие от известных аналогичных аппаратов для радиочастотной электромагнитной гипертермии установлено, что генерируемое им пространственно-неоднородное электромагнитное поле существенно лучше оказывает терапевтический эффект при повышении температуры облучаемых тканей не более чем  $0,5-1,5$  °C, чем поле, распределенное в пространстве относительно равномерно (рис. 6, 7). Аппарат прошел сертификацию и разрешен к клиническому применению. Промышленно выпускается фирмой «Радмир» г. Харьков.



Рис. 5. Аппарат для радиочастотной гипертермии «Магнитерм».

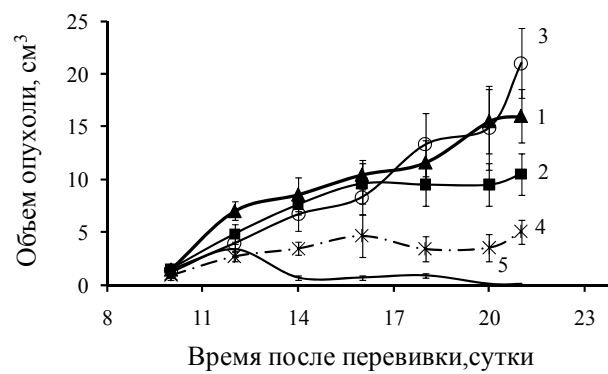


Рис. 6. Влияние доксорубина (ДР) и умеренной радиочастотной гипертермии (РЧГ) на объем резистентной к ДР карциномы Герена: 1 – контроль (без ДР и РЧГ); 2 – введение ДР; 3 – введение ДР и РЧГ (аппликатор с прямым профилем); 4 – введение ДР и РЧГ (аппликатор со сферическим профилем, регрессия опухоли на 78%); 5 – то же что и 4, (полное рассасывание опухоли у 50% животных).



До лечения



После лечения

Рис.7. Результаты клинических испытаний аппарата «Магнитерм» при лечении злокачественных опухолей (рака молочной железы).

## 4. Исследование взаимодействия низкоинтенсивных физических факторов с водной компонентой биологически активных растворов

4.1. Разработана математическая модель действия низкоинтенсивных физических факторов на водную компоненту жидких растворов:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \{\mu + \alpha E(E - E_0)\}X - \beta X^2; \\ \frac{dE}{dt} &= \gamma(X - X_0) - \frac{k(E_0 - E)}{X} + \nu; \\ \frac{dR}{dt} &= cX \left| \frac{dX}{dt} \right| - \frac{R}{\tau} - \rho R^2 \quad \text{если } \frac{dX}{dt} < 0; \\ \frac{dR}{dt} &= -\frac{R}{\tau} - \rho R^2 \quad \text{если } \frac{dX}{dt} > 0, \end{aligned}$$

где  $X$  - число связанных молекул воды (в кластере);  $E$  - энергия всей системы водной среды;  $X_0$  - число молекул воды, которые могут быть связанными (в пределе количество воды в системе);  $\tau$  - среднее время жизни радикалов воды;  $\rho$  - коэффициент скорости рекомбинации радикалов в зависимости от их концентрации;  $\nu$  - интенсивность поступления энергии от внешнего физического фактора...

Предсказано возможное проявление колебательных процессов в кластерной структуре воды и появление свободных радикалов при некоторой пороговой интенсивности внешнего фактора (рис. 8, 9).

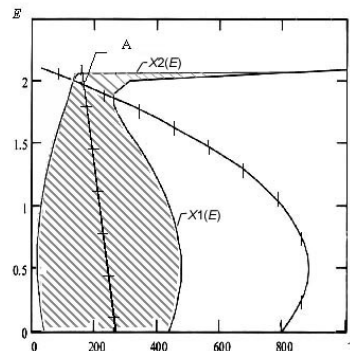


Рис. 8. Фазовый портрет системы. Заштрихованная область – область неустойчивости системы

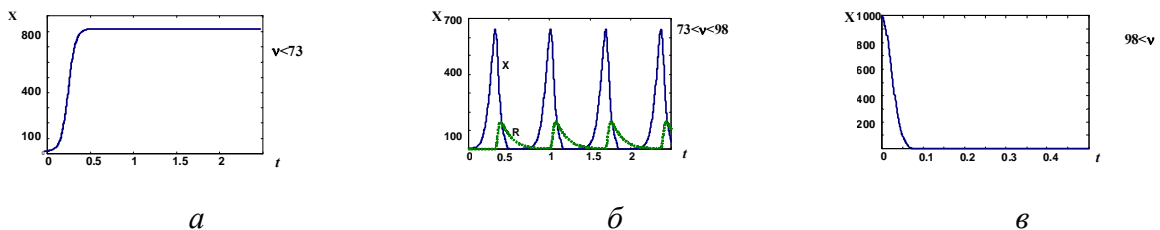


Рис. 9. Временные зависимости количества связанных молекул воды при различных значениях интенсивности внешнего физического фактора: *а* –  $\nu < 73$ ; *б* –  $73 < \nu < 98$ ; *в* –  $98 < \nu$ . Пунктирная зеленая линия – количество радикалов воды.

4.2. Проводятся многочисленные исследования действия низкоинтенсивных физических факторов на водные растворы, например, изменение самоорганизации и рост кристаллов после облучения растворов физическими факторами (рис. 10); изменение спонтанной люминесценции водных растворов (рис. 11).

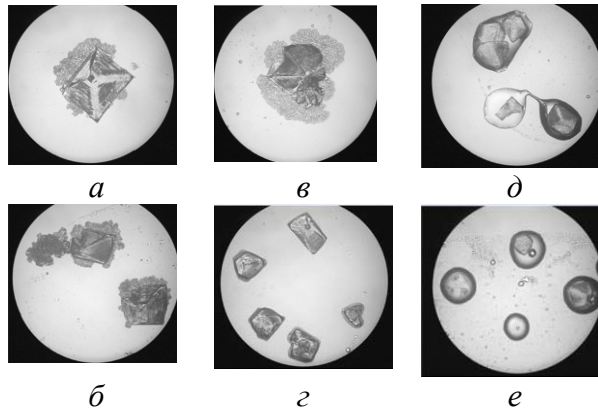


Рис. 10. Кристаллические структуры NaCl после взаимодействия раствора с физическими факторами. Оптическая микроскопия, увеличение в 40 раз: а, б – intactные образцы; в, г – после электромагнитного облучения (ЭМО) раствора; д, е – после ультразвукового воздействия.

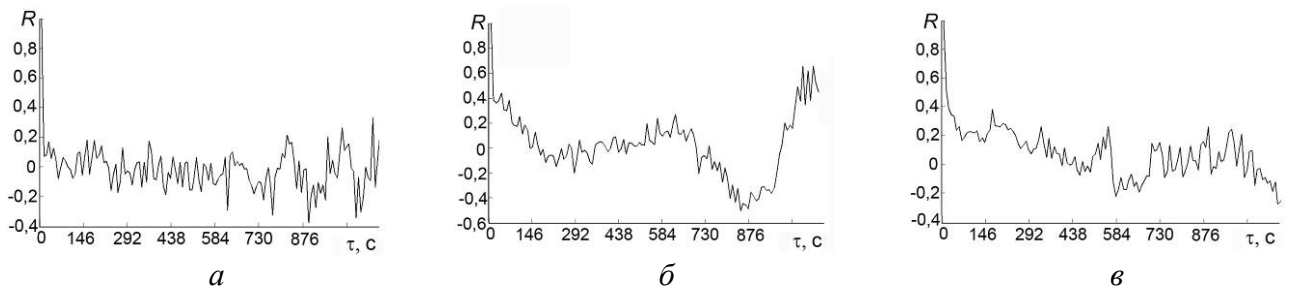


Рис. 11. Автокорреляционные функции спонтанной хемилюминесценции раствора доксорубина + NaCl: а – контрольные образцы, без ЭМО; б – после ЭМО с рамочным аппликатором с профилем в форме дуги круга; в – после ЭМО с рамочным аппликатором с прямолинейным профилем

**4.3.** Проводятся исследования изменения дисперсии температуры воды под действием низкоинтенсивных физических факторов, а так же за счет опосредованного влияния, переизлучения от других водных растворов (Минзяк Д.Ю.).

Флуктуации температуры растворов воды являются следствием изменений мгновенной структуры воды, связанной как с тепловыми движениями отдельных молекул, так и создаваемыми и распадающимися более крупными образованиями типа кластеров, в состав которых могут входить не только комплексы молекул воды, но и растворимые в воде примеси, газы. Температурные флуктуации зависят, в том числе и от крайне слабых внешних воздействий высокой частоты, реакция на которую зависит от концентрации раствора. Исследование флуктуаций температуры водных растворов осуществляются специально разработанным аппаратным комплексом, обеспечивающим точность относительных измерений 0,03 °С.

На рис. 12 представлены результаты исследований растворов глюкозы различной концентрации. Заметны различия в периодичности автокорреляционной функции, а также в частотных спектрах растворов. По полученным результатам известных концентраций растворов строятся эталонные графики, с которыми, в дальнейшем, сравниваются результаты измерения растворов неизвестных концентраций.

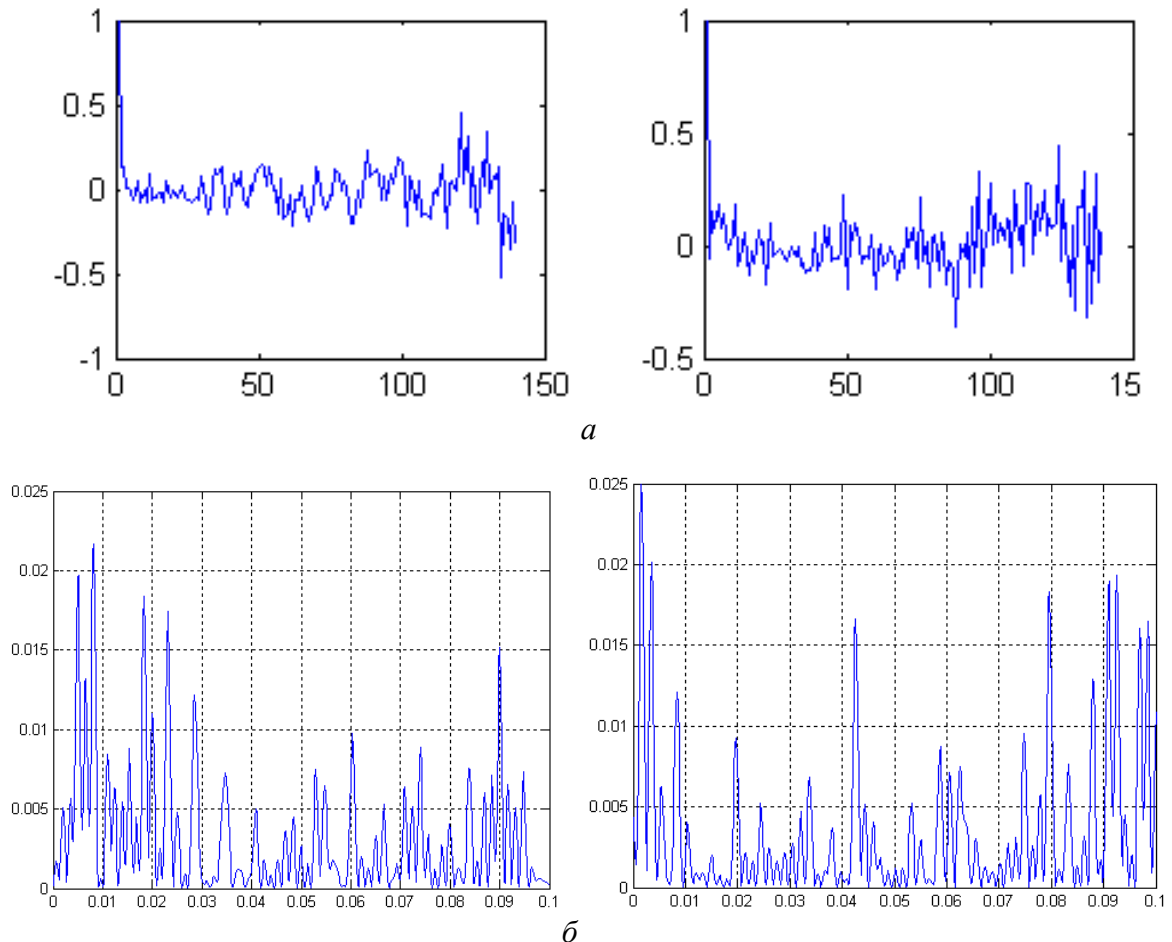


Рис. 12. Автокорреляционная функция (а) и спектральная плотность мощности (б) различных концентраций растворов глюкозы (слева – 20%, справа – 25%)

Исследованная методика представляется перспективной для неинвазивной диагностики биологических растворов организма, так как измерения флуктуаций температуры можно проводить в промежуточной среде (например, в воде или водном растворе), между организмом и измерительным комплексом.

## 5. Работы в области ядерной медицины

Лаборатория тесно сотрудничает с отделениями радионуклидной диагностики г. Киева, в частности с кафедрой медицинской радиологии с курсом радиационной медицины Национального Медицинского университета им. А.А. Богомольца, с отделением Киевской городской клинической больницы № 14, отделением Киевской городской клинической больницы «Киевский городской центр сердца».

**5.1.** Разработаны и совершенствуются алгоритмы стохастической фильтрации скintiграфических изображений, в частности для выделения контуров почек, автоматизации построения зон интереса, автоматического измерения геометрических размеров почек (рис. 13).

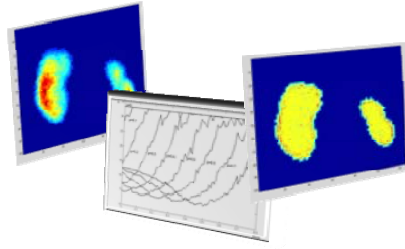


Рис. 13. Стохастическая фильтрация скинтиграфических изображений и выделение контура почек

**5.2.** Разработан алгоритм комплексной оценки функционального состояния мочевыделительной системы по данным реносцинтиграфии, учитывающий целое множество количественных критериев непрямои ренангиографии, фильтрационно-секреторной способности, экскреторной способности почек, рефлюксных явлений и т.д.

**5.3.** Ведутся исследования в усовершенствовании методов обработки и интерпретации данных непрямои ангиографии, в частности в нефрологии и в онкологии. Показано возникновение грубых неточностей в интерпретации результатов непрямои ангиографии при отсутствии нормировки полученных данных. Предложено нормировать временные параметры ангиограмм на изменение временных параметров прекадиальной кривой по отношению к идеализированным данным.

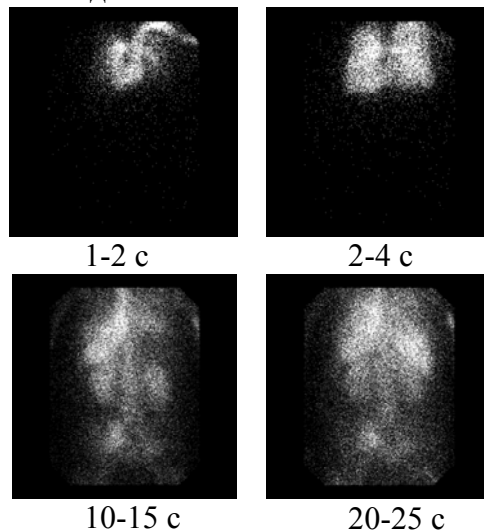


Рис. 14. Сцинтифото больной раком молочной железы во время ангиографической фазы исследования с  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфат. На разных временных интервалах визуализируются сердце, легкие, почки, селезенка, печень, а так же метастатическое поражение крыла левой подвздошной кости

**5.4.** Разработаны методики оценки степени воспалительных изменений в почках по данным отсроченной статической реносцинтиграфии и остеосцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$ -фосфатами. Оценка воспалительных процессов в почках по данным остеосцинтиграфии особенно актуальна у пациентов, проходящих обследование на предмет метастатического поражения костей скелета и проходящих курс интенсивной терапии.

**5.5.** Разработана математическая модель кинетики  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в опухолях молочной железы для количественной оценки химиорезистентности опухоли. Построение модели эквивалентно модели Моно для проточной культуры с угнетением субстратом (рис. 15)

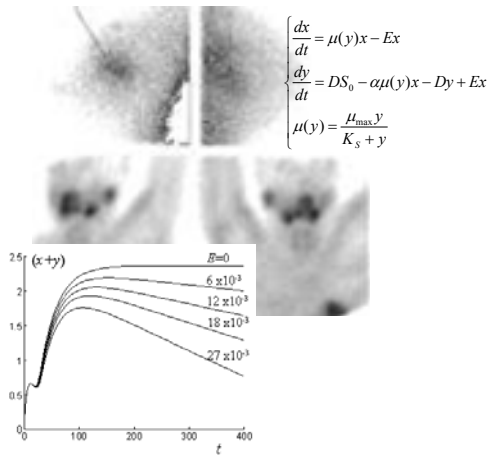


Рис. 15. Сцинтифото опухоли молочной железы, математическая модель и интегральные кривые кинетики препарата в опухоли при различных значениях интенсивности элиминации РФП из опухолевых клеток

**5.6.** Отработаны методики сцинтиграфических исследований на экспериментальных животных. Было показано, что умеренная радиочастотная гипертермия опухолей существенно увеличивает перфузию, способствует увеличению накоплению препаратов в ней (рис. 16); показана возможность целевой доставки препаратов к патологическому очагу при помощи магниточувствительного наноконплекса  $Fe_3O_4$ +препарат (рис. 17). Результаты исследований представляют интерес как для повышения диагностических возможностей сцинтиграфических методов исследования, так и для доказательной медицины в области терапии

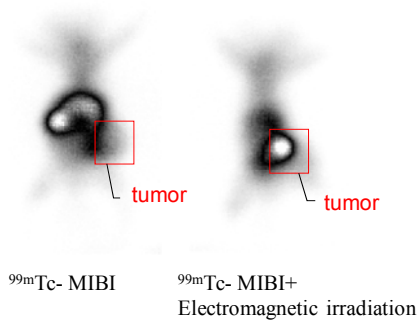


Рис. 16. Накопление  $^{99m}Tc$  – MIBI в карциносаркоме Уокер-256 после радиочастотной умеренной гипертермии

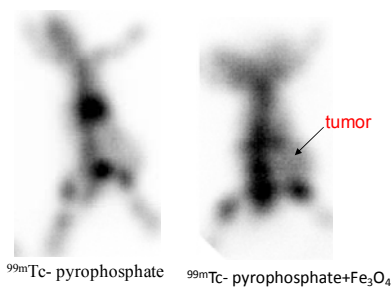


Рис. 17. Целевая доставка магнитного наноконплекса в в карциносаркому Уокер-256