

SWITCHES OF LASER RADIATION OF ULTRA SHORT DURATION BASED ON THE J-TYPE DIMERIC PHTHALOCYANINE Mg COMPLEX FOR OPTOELECTRONIC MEDICAL SYSTEMS AND PROTECTION OF EYES

*^{1,2}Savelyev M.S., ^{1,2}Gerasimenko A.Yu., ¹Vasilevsky P.N., ³Tolbin A.Yu.

¹National Research University of Electronic Technology, MIET, Moscow,

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Sechenov University, Moscow,

³Institute of Physiologically Active Compounds, Russian Academy of Sciences, IPAC RAS, Moscow,

*savelyev@bms.zone

Keywords: Femtosecond pulses, phthalocyanines, nonlinear optical properties, absorption, scattering

Annotation. Solutions of J-type Mg phthalocyanine dimers have low threshold intensities, which is explained by the fast orientation along the direction of the external electric field, which leads to nonlinear radiation scattering. Studies have shown that when interacting with femtosecond (140 fs) laser pulses with a wavelength of 790 nm at a maximum intensity of 1 GW/cm², a strong beam expansion is observed, which is accompanied only by a linear increase in absorption (without using an aperture). This effect indicates a nonlinear increase in scattering, which occurs at a large peak intensity of a single pulse and it is observed at intensities above 14 MW/cm². In this case, despite the high intensity, multiphoton absorption did not occur. This assumption is also confirmed by the possibility of phonon relaxation (a weak effect on the population of levels) for 12.5 ns between pulses with a repetition rate of 80 MHz. Two-photon absorption can be observed in this case, but it is not enough for a noticeable effect on the energy parameters of the transmitted laser beam. The nonlinear nature of the dependence in the case of using an aperture indicates a strong increase in scattering. Since the decrease in energy is generally linear, the aperture cuts off only the greatly expanded part of the beam, its initial radius is selected following the diameter of the beam at a low pulse intensity. This effect indicates the possibility of limiting the intensity of pulses of ultrashort duration. It is known that control of laser radiation can be carried out by the action of operating signals at a different wavelength. The J-type Mg phthalocyanine dimer can be used for various nonlinear and optoelectronic applications.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЙ ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ НА ОСНОВЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА КАРТИНЫ РАССЕЙЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

^{1*}Брянская Е.О., ¹Гнеушев Р.Ю., ¹Маковик И.Н., ^{1,2}Дрёмин В.В., ³Бибикова О.А., ⁴Шураев Б.М.,

¹Дунаев А.В., ³Артюшенко В.Г.

¹ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Орёл, * bryanskayae@mail.ru,

²Aston University, Birmingham,

³art photonics GmbH, Берлин,

⁴ООО Диагностический медицинский центр «МедиСкан», Орёл

Ключевые слова: патология, пазухи, низкоинтенсивное излучение

Аннотация. В работе представлен разработанный прототип устройства, реализующего метод цифровой диафаноскопии, а также результаты предварительных экспериментальных исследований, подтверждающих чувствительность метода цифровой диафаноскопии при обнаружении патологических изменений в верхнечелюстных пазухах. С учетом результатов предварительных экспериментальных исследований и численного моделирования прохождения зондирующего сигнала через верхнечелюстную пазуху методом Монте-Карло выявлены зависимости регистрируемого сигнала от оптических характеристик области исследования. С учетом результатов моделирования был модернизирован прототип устройства для диагностики патологий верхнечелюстной пазухи, а именно разработан светодиодный регулятор яркости, который обеспечивает управление мощностью на выходе зондирующего аппликатора.

Обеспечение точной, безболезненной и своевременной диагностики патологий верхнечелюстных пазух является одной из актуальных проблем современной отоларингологии. Благодаря интенсивному развитию и внедрению оптических неинвазивных технологий для диагностики различных патологических состояний, применение метода цифровой диафаноскопии, основанного на просвечивании исследуемой области низкоинтенсивным излучением и визуализации картины рассеяния света с последующей цифровой обработкой полученных изображений [1], видится перспективным для выявления патологических изменений верхнечелюстных пазух.

Разработанный прототип устройства, реализующий метод цифровой диафаноскопии, включает аппликатор для зондирования верхнечелюстных пазух, CMOS камеру для регистрации диагностической информации, блок управления для регулировки работы зондирующего аппликатора, блок питания, а также персональный компьютер. Аппликатор имеет анатомическую форму и включает микросветодиоды с длинами волн 650 и 850 нм. На рисунке 1 представлена 3D-модель рабочей части зондирующего аппликатора и положения аппликатора в процессе проведения измерения.

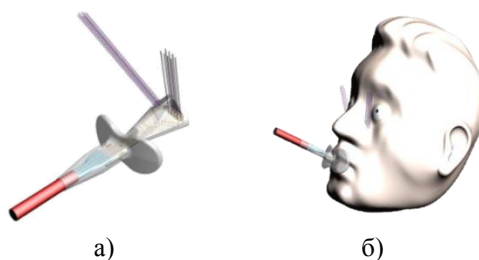


Рисунок 1 – Зондирующий аппликатор (3D-модель): а) рабочая часть; б) положение аппликатора в процессе проведения измерения

Позиционирование области исследования относительно камеры осуществляется с помощью блока прецизионного позиционирования. Общий вид экспериментальной установки для диагностики патологий верхнечелюстных пазух представлен на рисунке 2. Для исключения влияния на результат диагностики изменения внешнего освещения разработан специальный защитный экран.

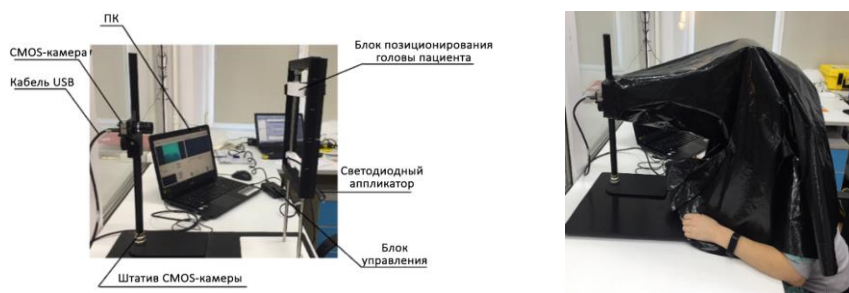


Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки для диагностики патологий верхнечелюстных пазух

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные с участием 20 условно-здоровых добровольцев и 15 пациентов с подозрением на воспаление верхнечелюстных пазух, подтвердили чувствительность метода цифровой диафаноскопии в выявлении патологических изменений верхнечелюстных пазух [1]. Регистрация картин рассеяния света на 40 значениях времени экспозиции камеры в диапазоне от 0 до 39,7 мс с шагом 1 мс с применением разработанного прототипа устройства и последующее сравнение результатов измерения с T2 взвешенным изображением магнитно-резонансной томографии (МРТ), полученным 1T МРТ сканером серии Magnetom (Siemens), позволили выявить у 4 пациентов из 15 кисты одновременно двумя методами. Пример T2 взвешенного МРТ изображения для пациента и зарегистрированных и обработанных изображений, полученных с применением разработанного прототипа устройства, представлены на рисунке 3.

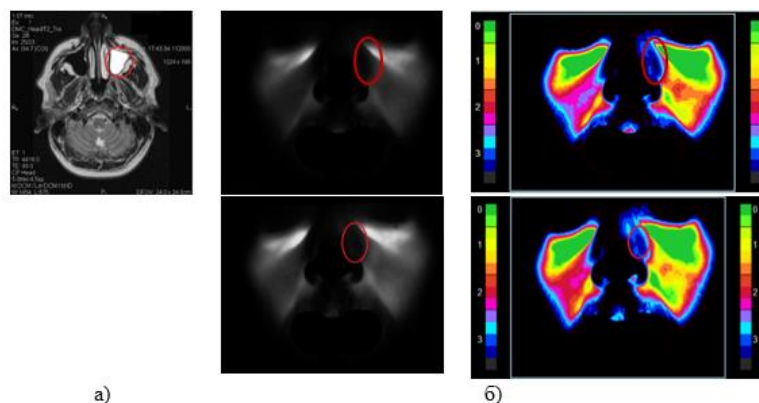


Рисунок 3 – T2 взвешенное изображение МРТ (а) и зарегистрированные и обработанные изображения, полученные с применением предлагаемой технологии (б), для длин волн зондирующего излучения 650 нм (вверху) и 850 нм (внизу) для пациента 1 (мужчина)

Анализ зарегистрированных и обработанных изображений, полученных методом цифровой диафаноскопии, позволил выявить, что область кисты характеризуется наименьшей интенсивностью по сравнению с другими структурами, что можно объяснить сильными поглощающими свойствами кистозной жидкости в области ближнего инфракрасного спектра [1, 12]. Кроме того, результат цифровой диафаноскопии

определяется оптическими свойствами исследуемой области [2-9] и их изменениями при различных анатомических и гендерных особенностях [10, 11].

С целью выявления зависимости регистрируемого сигнала от оптических характеристик области исследования проведено моделирование проходящего через верхнечелюстную пазуху зондирующего сигнала методом Монте-Карло в программной среде TracePro [14] с применением разработанной модели верхнечелюстных пазух для источников излучения двух длин волн 650 и 850 нм (мощность излучения – 8 мВт, число моделируемых фотонов – 10^6). Поскольку объект исследования имеет достаточно сложную организацию, для установления закономерности ослабления зондирующего сигнала от изменения анатомических и гендерных особенностей исследуемой области разработана упрощенная модель верхнечелюстной пазухи (рисунок 4) [1]. В связи с тем, что размеры и толщины слоёв исследуемой области варьируются в зависимости от пола и возраста [10, 11], толщины слоёв были усреднены в рамках одного пола. Дополнительно к анализу влияния на результат диагностики наличия патологических изменений в форме кистозной жидкости и опухоли оценивалось влияние изменения толщины гиподермы.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования зондирующего сигнала (ход фотонов через биологическую среду и карта освещенности) без патологии в верхнечелюстной пазухе (а), с кистой (б) и с опухолью (в) для женщины.

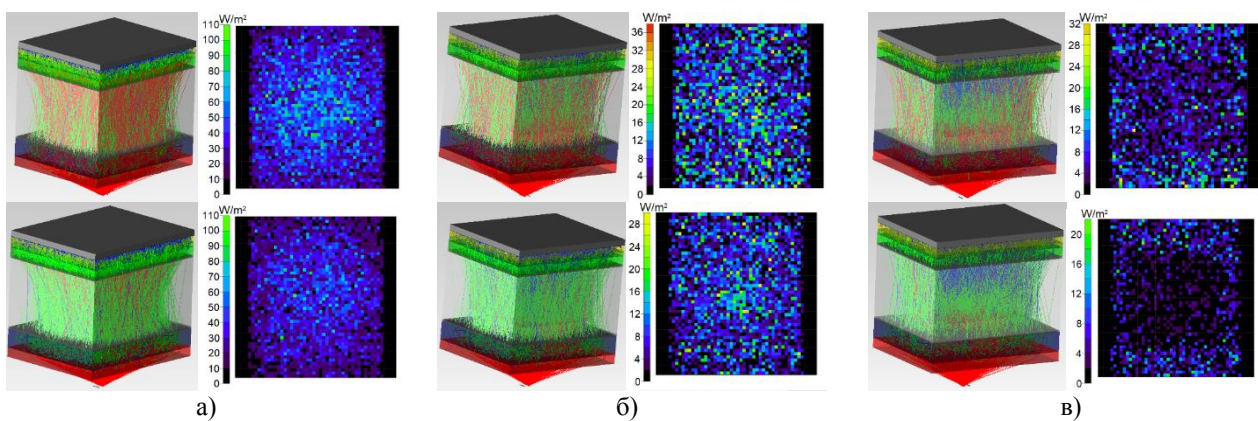


Рисунок 4 – Результаты моделирования зондирующего сигнала, проходящего через верхнечелюстную пазуху женщины без патологии (а), с кистой (б) и с опухолью (в) на длине волны 650 нм (вверху) и 850 нм (внизу)

Результаты моделирования показали спад интенсивности прошедшего диффузно-рассеянного излучения в зависимости от гендерных особенностей, при этом у мужчин наблюдался более выраженный спад интенсивности (рисунок 5), связанный с морфологическими особенностями (толщина костной ткани, гиподермы, размеры пазух). Кроме того, выявлены высокие поглощающие свойства кистозной жидкости и опухолевой ткани для выбранных длин волн зондирующего излучения [1,13].

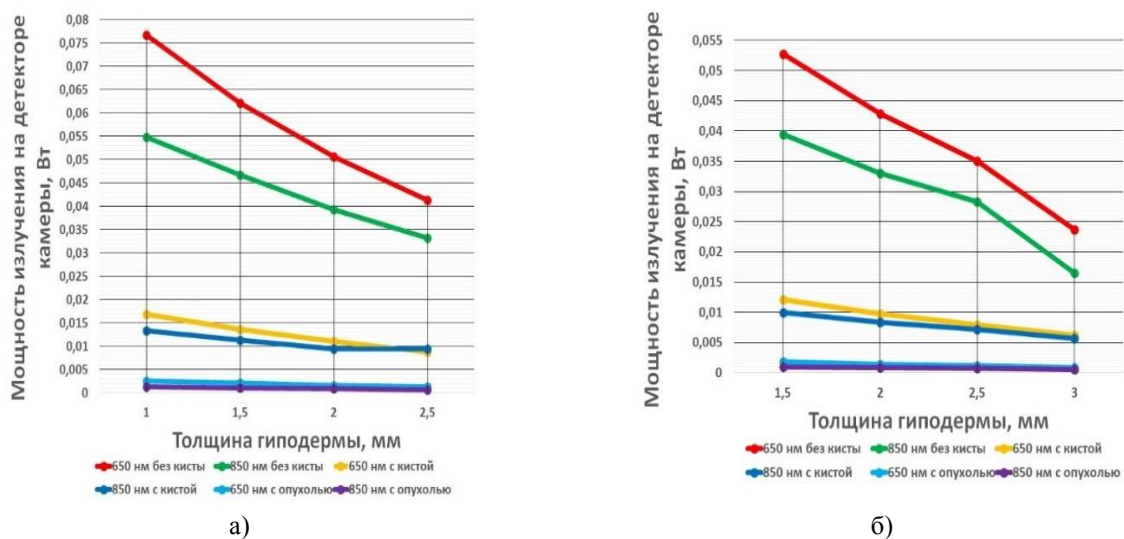


Рисунок 5 – Зависимости изменения мощности (интенсивности) излучения, поступающего на детектор камеры, от изменения толщины гиподермы и наличия патологий в верхнечелюстных пазухах женщины (а) и мужчины (б) для длин волн 650 и 850 нм

С целью корректировки параметров зондирующей и измерительной частей прибора с учетом полученных путём численного моделирования значений мощности принимаемого детектором камеры излучения для

получения схожих картин рассеяния света при исследовании различных пациентов и возможности их последующего сравнения дополнительно к разработанному ранее прототипу устройства спроектирован регулятор яркости свечения светодиодов. Структурная схема модернизированного прототипа устройства цифровой диафаноскопии представлена на рисунке 6.

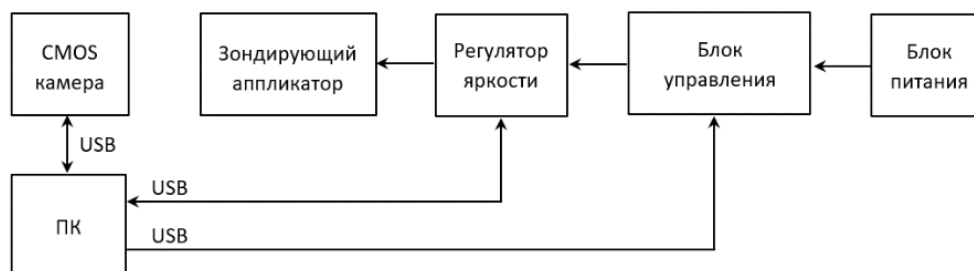


Рисунок 6 – Структурная схема модернизированного прототипа устройства цифровой диафаноскопии

Регулятор яркости свечения светодиодов устанавливается в разрыв между блоком управления светодиодами зондирующего аппликатора и самим зондирующим аппликатором. Внешний вид разработанного регулятора яркости свечения светодиодов представлен на рисунке 7.

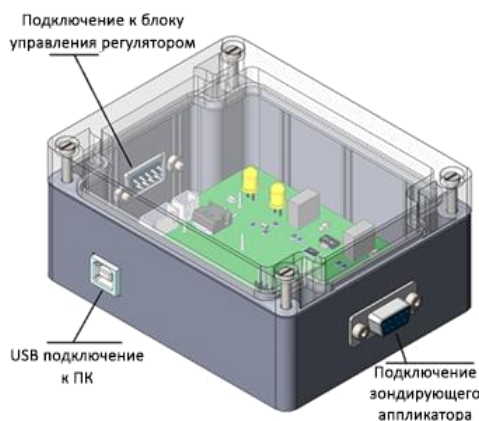


Рисунок 7 – Внешний вид регулятора яркости свечения светодиодов зондирующего аппликатора

Устройство регулировки позволяет программно изменять яркость свечения светодиодов, контролировать параметры потребления тока и подаваемого напряжения, а также рассчитывать потребляемую мощность светодиодами. Проведенные экспериментальные исследования с использованием модернизированной установки позволили выявить диапазон изменения потребляемой мощности светодиодами зондирующего аппликатора, а также оптическую мощность, излучаемую аппликатором. С учетом выявленных значений проводятся экспериментальные исследования с участием условно-здоровых добровольцев и пациентов с подозрением на патологию верхнечелюстных пазух.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-2634.2019.8.

Библиографический список

1. Bryanskaya, E.O. Diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses using digital diaphanoscopy / E.O. Bryanskaya, I.N. Makovik, A.G. Bukin, O.A. Bibikova, B.M. Shuraev, O. Minet, U. Zabarylo, A.V. Dunaev, V.G. Artyushenko // Proc. SPIE 11073. – 2019. – 110731P.
2. Jacques S.L. Optical properties of biological tissues: a review // Phys Med Biol. – 2013. – V. 58(11). – pp. 37-61.
3. Peters, V.G. Optical properties of normal and diseased human breast tissues in the visible and near infrared / V.G. Peters, D.R. Wyman, M.S. Patterson, G.L. Frank // Phys Med Biol. 1990. – V. 35(9). – pp. 1317-1334.
4. Bashkatov, A.N. Optical properties of mucous membrane in the spectral range 350–2000 nm / E.A. Genina, V.I. Kochubey, V.V. Tuchin, E.E. Chikina, A.B. Knyazev, O.V. Maree // Opt. Spectrosc., 97(6). – pp. 978-983. – 2004.
5. Bashkatov, A.N. Optical properties of human cranial bone in the spectral range from 800 to 2000 nm / A.N. Bashkatov, E.A. Genina, V.I. Kochubey, V.V. Tuchin // Proc SPIE 6163. – 2006. – V. 6163. – P. 616310
6. Genina, E.A. Optical clearing of cranial bon / E.A. Genina, A.N. Bashkatov, V.V. Tuchin // Adv Opt Technol. – 2008. – pp. 1-8.

7. van Veen, R., Intraoperatively assessed optical properties of malignant and healthy breast tissue used to determine the optimum wavelength of contrast for optical mammography / R. van Veen, H. J. C. M. Sterenberg, A.W. Marinelli, M.B.E. Menke-Pluymers // JBO. – 2004. – V. 9(6). – pp. 1129-1136.
8. Bashkatov, A.N. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues: A review / A.N. Bashkatov, E.A. Genina, V.V. Tuchin // J Innov Opt Health Sci. – 2011. – V. 04(01). – pp. 9-38.
9. Teke, H. Y. Determination of gender by measuring the size of the maxillary sinuses in computerized tomography scans / S. Duran, N. Canturk, G. Canturk // Surg. Radiol. Anat., 29(1). – pp. 9-13. – 2007.
10. Gracco, A. Quantitative evaluation with CBCT of palatal bone thickness in growing patients / L. Lombardo, M. Cozzani, G. Siciliani // Prog. Orthod., 7(2). – pp. 164-174. – 2006.
11. Kang, S. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults / S.J. Lee, S.J. Ahn, M.S. Neo, T.W. Kim // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 131(4). – pp. 74-81. – 2007.
12. Брянская, Е.О. Применение метода цифровой диафаноскопии для диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух / Е.О. Брянская, И.Н. Маковик, О.А. Бибилова, А.В. Дунаев, О. Минэ, У. Забарило, Е.Г. Феликсбергер, В.Г. Артюшенко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2019. – № 3 (335) – С. 111-120.
13. Гнеушев, Р.Ю. Моделирование прохождения зондирующего излучения через верхнечелюстную пазуху методом монте-карло при цифровой диафаноскопии / Р.Ю. Гнеушев, Е.О. Брянская, В.В. Дрёмин, А.Г. Букин, И.Н. Маковик // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2019: сб. тр. XXXII Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 4-6 декабря 2019 г. / под общ. ред. В.И. Жулева. – Рязань: ИП Коняхин А.В. – 2019. – С. 137 – 139.
14. Дрёмин В.В., Дунаев А.В. Влияние содержания меланина в коже на формирование сигнала флуоресцентной спектроскопии // Оптический журнал, №1 (83), 2016 - с.57-64

THE DEVICE FOR DIAGNOSTICS OF PATHOLOGIES OF PARANASAL SINUSES BASED ON VISUALIZATION AND ANALYSIS OF SCATTERING PATTERNS OF LOW-INTENSITY RADIATION

^{1,*}Bryanskaya E.O., ¹Gneushev R.Yu., ¹Makovik I.N., ^{1,2}Dremin V.V., ³Bibikova O.A., ⁴Shuraev B.M.,
¹Dunaev A.V., ³Artyushenko V.G.

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, * bryanskayae@mail.ru,

²Aston University, Birmingham,

³art photonics GmbH, Berlin,

⁴Diagnostic Medical Center «MediScan», Orel

Keywords: pathology, sinuses, low-intensity radiation

Annotation. The paper presents a developed prototype of a device implementing the method of digital diaphanoscopy, as well as the results of preliminary experimental studies confirming the sensitivity of the method of digital diaphanoscopy in detecting pathological changes in the maxillary sinuses. Considering the results of preliminary experimental studies and numerical simulation of the probing signal passing through the maxillary sinus by the Monte Carlo method, the dependences of the recorded signal on the optical characteristics of the study area are revealed. Taking into account the results of modeling, the prototype of the device for diagnosing maxillary sinus pathologies was modernized, namely, the led brightness controller was designed, which provides power control at the output of the probing applicator.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ ТРЕНАЖЕРНАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРЕЛКА

Шепелев С.Ю.

Тульский Государственный Университет, Тула, shepelev.semen@mail.ru

Ключевые слова. Тренажер, система, физиологические

Аннотация. Статья посвящена регистрации физиологических параметров стрелка.

В настоящее время практически во всех отраслях профессиональной деятельности применяются стандартные технологии и методы обучения, но как правило недостаточно просто овладеть умениям, знаниям и навыками. Самым важным и приоритетным для современного человека является получение профессиональных компетенций. В нашем случае компетенция представляет из себя способность грамотно и четко действовать на основе полученного практического опыта, применять теоретические знания и умения при решении профессиональных задач. На этом фоне возникает потребность более качественной подготовки операторов.

Благодаря впечатляющим успехам информационных технологий, в настоящее время появляется возможность создания полноценных компьютерных тренажерных комплексов, которые превосходят все