

УДК 616. 711- 002- 07

## ПРИКЛАДНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИТРЕАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА

Галкин В.А., Белый Ю.А., Кучеров А.А.

*Обнинский институт атомной энергетики (ИАТЭ) Национального ядерного  
исследовательского университета (НИЯУ) Московского инженерно-физического  
института (МИФИ), Обнинск, Калужская обл.,*

*e-mail: priem@iate.obninsk.ru;*

*Калужский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова  
Росмедтехнологии», Калуга,*

*e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru*

Рассматриваются алгоритм и программное обеспечение, позволяющее осуществлять персонализированный расчет дозы лазерного облучения, объема и площади поверхности витреальной полости глаза. Представлена разработанная трехмерная модель витреальной полости глаза человека, позволяющая изменять свои пропорции в соответствии с индивидуальными особенностями глазного яблока пациента.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, алгоритм, информационное обеспечение, трехмерная модель витреальной полости глаза человека, антимикробная фотодинамическая терапия

### Характеристика предметной области

**Фотодинамическая терапия (ФДТ)** – метод лечения онкологических, опухолевых заболеваний, некоторых заболеваний кожи или инфекционных заболеваний, основанный на применении светочувствительных веществ – фотосенсибилизаторов (в том числе красителей), и, как правило, видимого света определенной длины волны.

Сенсибилизатор вводится в организм внутривенно. Вещества для ФДТ обладают свойством избирательного накопления в опухоли или иных целевых тканях (клетках). Затем пораженные патологическим процессом ткани облучают светом с длиной волны, соответствующей максимуму поглощения красителя. В качестве источника света в настоящее время используются лазерные установки, позволяющие излучать свет определенной длины волны и высокой интенсивности.

**Фотодинамическая терапия в офтальмологии** интенсивно развивается, расширяется круг показаний к проведению

ФДТ, о чем свидетельствует все возрастающий объем публикаций, посвященных данной тематике.

Изучение возможности проведения ФДТ невозможно без проведения точных расчетов дозы лазерного излучения. Необходимость безошибочного расчета дозы лазерного облучения при ФДТ обусловлена, с одной стороны, опасностью превышения необходимой мощности облучения и количества вводимого светочувствительного вещества, а с другой, представляет определенные трудности вследствие сложной геометрии витреальной полости (рис. 1) и глаза в целом. В свою очередь доза лазерного излучения зависит от площади поверхности, а количество вводимого светочувствительного вещества – от объема витреальной полости глаза [1, 2].

### Цели и задачи работы

Таким образом, в целях повышения возможностей применения ФДТ крайне необходимо наличие инструмента точного

расчета площади поверхности и объема витреальной полости глаза человека.

Для достижения данной цели можно выделить ряд задач, а именно:

– построение математической модели витреальной полости глаза, позволяющей

менять свои пропорции в соответствии с индивидуальными параметрами глаза пациента;

– разработка алгоритма расчета площади поверхности, объема витреальной полости глаза человека;

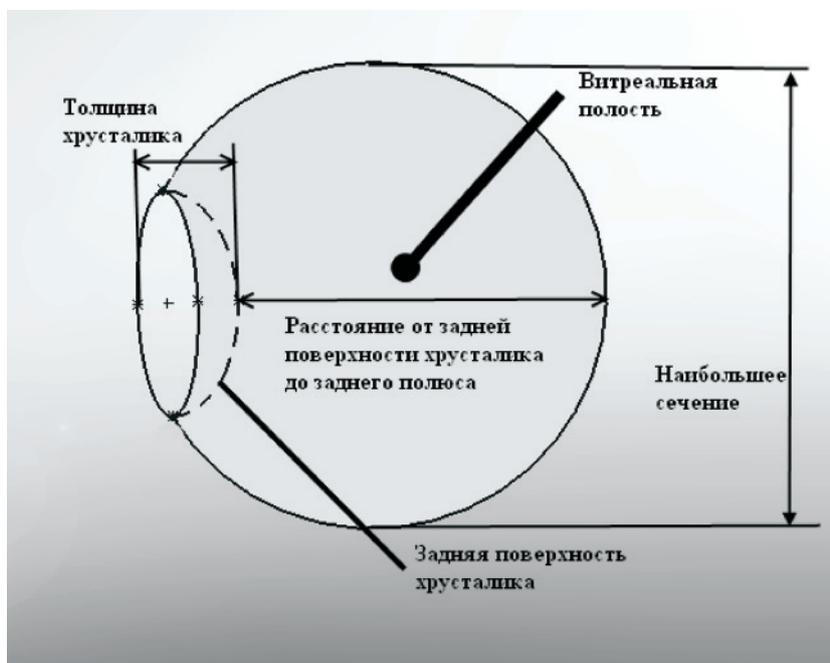


Рис. 1. Схематическое изображение витреальной полости человеческого глаза

– разработка программного обеспечения, в функциях которого предусмотрена реализация алгоритма расчета площади поверхности, объема витреальной полости, плотности энергии лазерного излучения, распределение плотности энергии во времени, сохранение и накопление результатов расчета для использования в дальнейшем всестороннем анализе в ходе лечебного процесса.

### Основные этапы работы

На сегодняшний день в офтальмологии используются усредненные значения размеров глаза человека и объема витреальной полости [3].

Индивидуальными параметрами глаза в офтальмологии принимаются: размер наибольшего сечения, толщина хрусталика и расстояние от задней стенки хруста-

лика до заднего полюса глазного яблока (см. рис. 1).

На первом этапе исследования была проведена компьютерная *S*-томография (томограф *Ultra Z Markoni Medical Systems* (США)) 10 глаз человека. В результате были получены серии томографических срезов с шагом 1,0 мм

На втором этапе исследования на основании полученных томограмм и сканограмм проводилось построение модели витреальной полости человека. Модель строилась по размерам сечений глазного яблока с помощью системы автоматизированного проектирования SolidWorks.

Полученная математическая трехмерная модель позволяет реализовать ускоренное получение расчетных результатов и визуализацию изменений трехмерной модели в зависимости от вводимых исходных данных (рис. 2в).

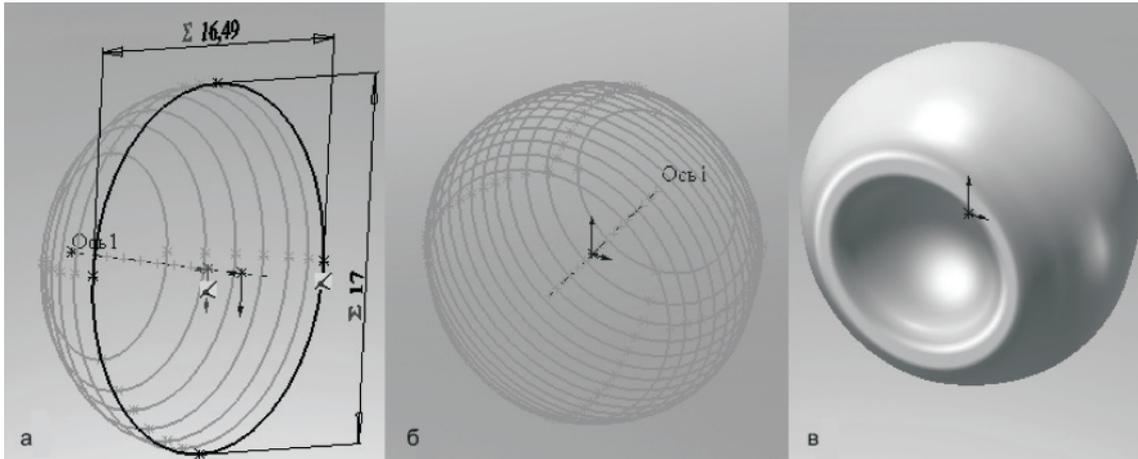


Рис. 2. Окончательная трехмерная модель

Изучение модели витреальной полости объема (1) [4, 5] и площади боковой поверхности витреальной полости (2) [4, 5].

$$V = \sum_{i=1}^{17} \frac{\pi \cdot h_i}{3 \cdot (a_{i1} - a_{i2})} \cdot (a_{i1}^2 \cdot b_{i1} - a_{i2}^2 \cdot b_{i2}); \quad (1)$$

$$S_{\text{бок}} = \sum_{i=1}^{17} \pi \sqrt{h_i^2 + \left( \frac{a_{i1} + b_{i1}}{2} - \frac{a_{i2} + b_{i2}}{2} \right)^2} \cdot \left( \frac{a_{i1} + b_{i1}}{2} + \frac{a_{i2} + b_{i2}}{2} \right), \quad (2)$$

где  $a_1, b_1$  и  $a_2, b_2$  – полуоси оснований усеченных эллиптических конусов (рис. 2а, 2б),  $h_i$  – высота усеченного эллиптического конуса (см. рис. 2а, 2б).

На основе полученных результатов расчета появляется возможность найти значения достаточно важных величин, таких как плотность энергии лазерного излучения и ее распределение по времени.

Разработанный алгоритм послужил основой для создания программного обеспечения, позволяющего осуществлять расчет дозы лазерного облучения, объема и площади поверхности витреальной полости глаза. Данный программный продукт позволяет концентрировать и накапливать важные результаты расчета в ходе лечебного процесса, что, в свою очередь, уменьшает время принятия решения врачом-офтальмологом, при этом поднимая на качественно новый уровень возможности применения ФДТ (рис. 3).

Сравнение результатов, полученных экспериментально и расчетным путем, приведено в таблице.

Из таблицы видно, что разработанный инструментарий позволяет с высокой точностью определять объем и площадь поверхности витреальной полости.

### Результаты работы

1. Создана математическая модель витреальной полости глаза человека, позволяющая менять свои пропорции в соответствии с индивидуальными параметрами глаза пациента, что позволит вести учет изменений нормальной анатомии глаза вследствие предшествующих вмешательств и травм.

2. Разработан алгоритм расчета площади поверхности, объема витреальной полости глаза человека, который, являясь универсальным средством расчета параметров витреальной полости, делает возможным использовать получаемые результаты при

разработке или в уже имеющихся методиках, в которых одним из этапов является внутриглазное введение препаратов.

3. Разработано программное обеспечение, имеющее вид прикладной системы расчета, в функциях которого предусмотрена реализация алгоритма расчета площади поверхности, объема витреальной полости, плотности энергии лазерного излучения,

распределение плотности энергии во времени, сохранение и накопление результатов расчета для использования в дальнейшем всестороннем анализе в ходе лечебного процесса. Особенно актуально применение прикладной системы расчета объема и площади витреальной полости в лечении заболеваний, требующих многоэтапных и неоднократных вмешательств.

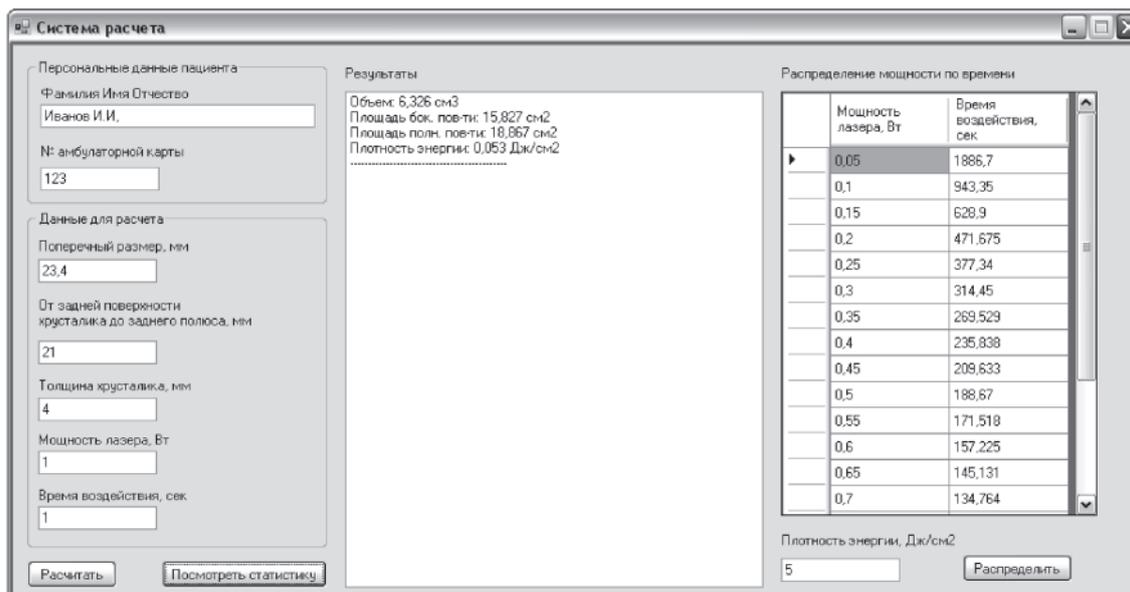


Рис. 3. Система расчета параметров витреальной полости

№ п/п	Исходные данные			Результаты	
	продольный размер, мм	поперечный размер, мм	толщина хрусталика, мм	объем витреальной полости (эксперимент), см <sup>3</sup>	объем витреальной полости (расчетный), см <sup>3</sup>
1	18,6	23,5	6,35	5,5	5,578
2	24,8	26,5	4,64	9,7	9,667
3	15,5	22,4	4,62	4,2	4,224

Применение математического моделирования в офтальмологии становится неотъемлемой частью лечебного процесса. Уточнение анатомических параметров органов человека при помощи методов математического моделирования, учитывающих индивидуальные особенности пациентов, по сравнению с ранее принимавшимися усредненными значениями позволяет персон

ализировать процесс лечения для каждого пациента.

#### Список литературы

1. Плахотный М.А. Интравитриальное применение антибактериальной фотодинамической терапии в ходе витротамии при лечении экзогенного бактериального эндофтальмита (экспе

риментальное клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук. – 145 с.

2. Володин П.Л. Фотодинамическая терапия с фотосенсибилизатором хлоринового ряда в офтальмологии (экспериментальное клиническое исследование): дис. ... д-ра мед. наук. – 355 с.

3. Даниличев В.Ф. Современная офтальмология. – СПб.: Питер, 2000. – 672 с.

4. Математическая модель витреальной полости глаза, / М.А. Плахотный, Ю.А. Белый, А.В. Терещенко, А.А. Кучеров // Актуальные проблемы офтальмологии: материалы III Всероссийской научной конференции молодых ученых с участием иностранных специалистов. – М.: Медицина, 2008. – С. 209–210.

5. Автоматизированная модель витреальной полости глаза / Ю.А. Белый, А.В. Терещенко, М.А. Плахотный, А.А. Кучеров // Российский общенациональный офтальмологический форум: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием; под ред. В.В. Нероева. – М., 2008. – С. 44–46.

6. Советов Б.Я., Цихановский В.В. Информационные технологии. – М.: Высш. шк., 2006. – 263 с.

7. Тахчиди Х.Л., Бессарабов А.Л., Пантелеев Е.Л. Параметризованный схематический стандартный глаз для решения вычислительных задач офтальмологии (1 часть) // Офтальмохирургия. – ООО Изд-во «Офтальмология». – 2006. – №4. – С. 57–63.

8. Тахчиди Х.Л., Бессарабов А.Л., Пантелеев Е.Л. Параметризованный схематический стандартный глаз для решения вычислительных задач офтальмологии (2 часть) // Офтальмохирургия. – ООО Изд-во «Офтальмология». – 2007. – №1. – С. 59–69.

9. Куприянов А.В., Ильясова Н.Ю., Анянин М.А. Оценивание диагностических параметров сосудов на изображениях глазного дна в области диска зрительного нерва: Институт обработки изображений РАН // Компьютерная оптика. – 2006. – № 29. – С. 146–150.

**Рецензенты:**

Косушкин В.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Материаловедение» Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга;

Овчинский А.С., д.т.н., профессор, начальник учебно-научного комплекса информационных технологий Московского университета МВД России, Москва.

**APPLICATION SYSTEM OF CALCULATION DATA FOR THE MATHEMATIC MODELING OF THE MAN'S EYE VITREAL CAVITY**

**Galkin V.A., Belij Y.A., Kucherov A.A.**

*Obninsk State Technical University for Nuclear Power Engineering MEPHI National Research Nuclear University, Obninsk,*

*e-mail: priem@iate.obninsk.ru;*

*The S. N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution Kaluga clinic, Kaluga,*

*e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru*

This article gives consideration to the algorithm and software, which permits a possibility for personalized calculations of the laser illumination doze, and vitreal cavity square and volume calculations. It also presents a developed 3D model of the human vitreal cavity, which is able to change its proportions according to the patient's eye-bulbe peculiarities.

**Keywords: software, algorithm, dataware, 3D model of the human vitreal cavity, antibacterial photodynamic therapy**