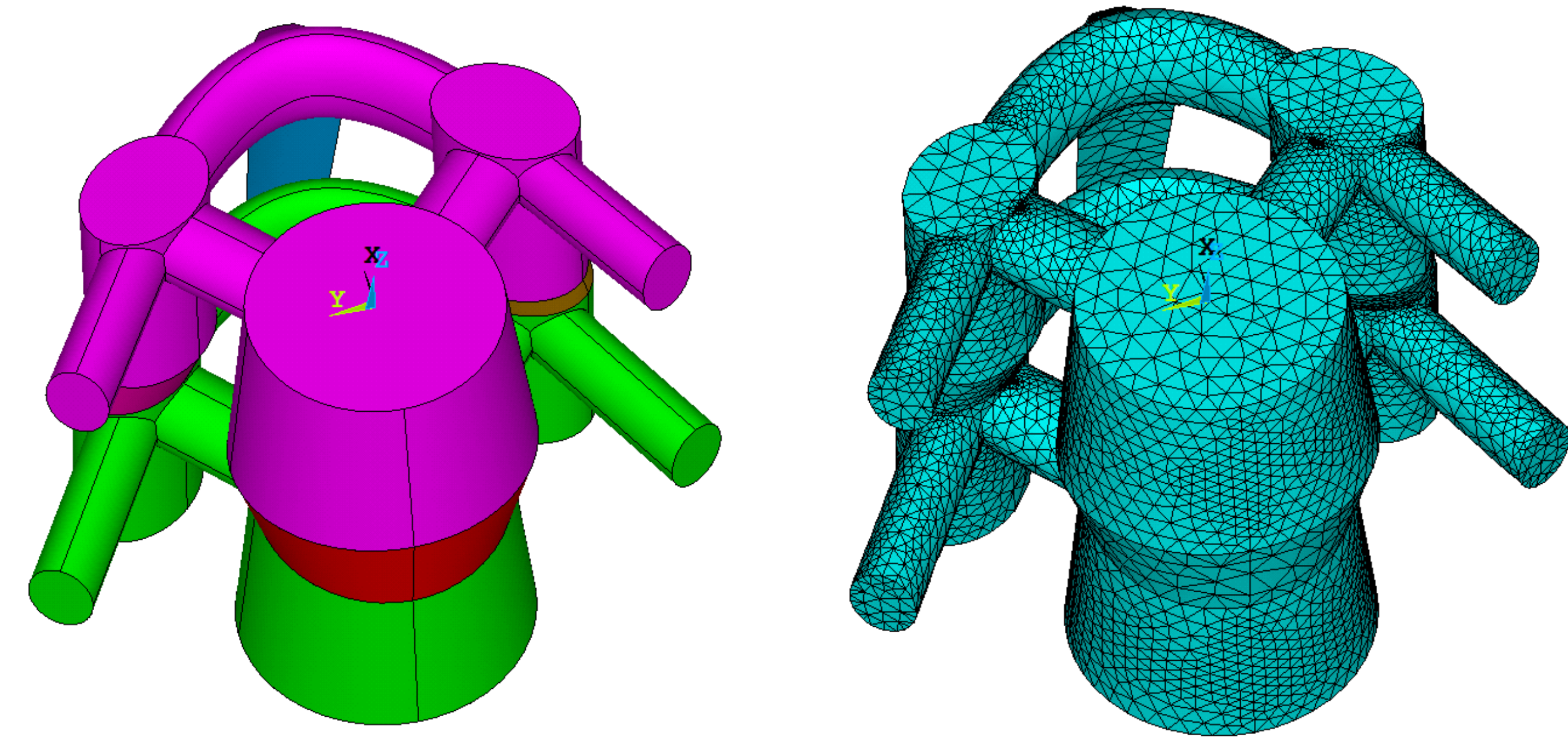


Возрастные изменения позвоночника представляют собой процесс деградации хрящевой и костной ткани сегментов и требуют замены их составляющих элементов: межпозвоночного диска, тела позвонка или всего сегмента [1]. В качестве материала для протезирования элементов позвоночника предлагается рассматривать пористый никелид титана, полученный методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, поскольку данный материал обладает хорошей коррозионной стойкостью, высоким уровнем прочностных свойств, подобием механического поведения природным тканям при физиологических нагрузках и будет обеспечивать высокую биохимическую и биомеханическую совместимость [2].

В рамках данного исследования проводилась оценка долговечности и прочностных свойств пористых эндопротезов из никелида титана цилиндрической формы с пористостью 60-67%, установленных в межпозвоночное пространство в случае полной замены межпозвоночного диска в сегменте позвоночника. Проводилась также оценка долговечности костных тканей, прилегающих к эндопротезу позвонков.

Расчеты напряженно-деформированного состояния сегмента шейного отдела позвоночника с эндопротезами разных размеров при наклоне головы вперед проводились в программном комплексе ANSYS с использованием метода конечных элементов. Варьировалась плотность губчатой костной ткани тел позвонков. Заданные нагрузки соответствовали физиологическим значениям [3].

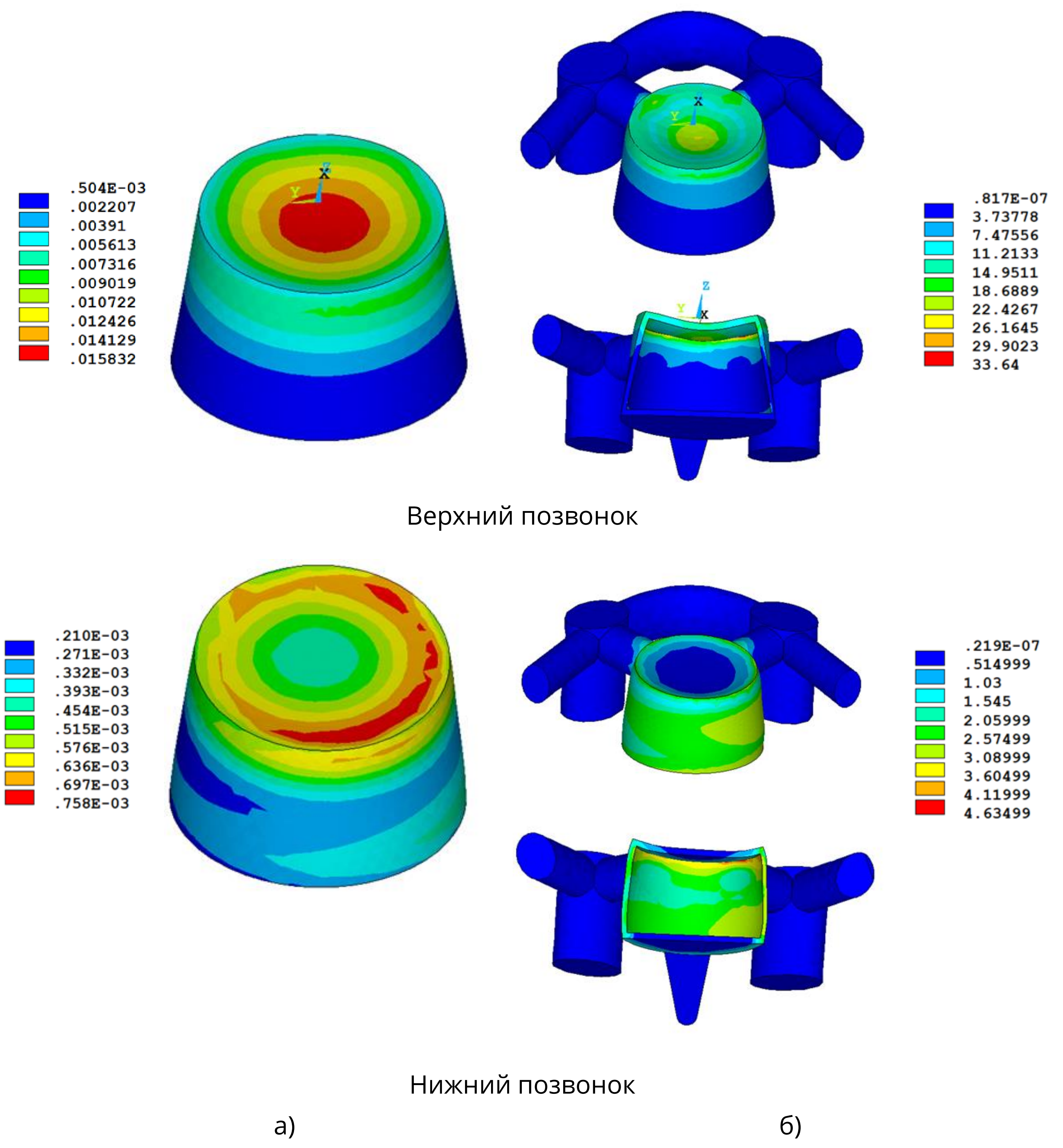


Конечно-элементная модель сегмента шейного отдела позвоночника

Механические характеристики эндопротезов

Размер эндопротеза	Модуль упругости $E_{imp}$ , МПа	Коэффициент Пуассона $\nu$	Предел прочности $\sigma_c$ , МПа
D=12 мм, H=6 мм	2083,6	0,3	1751,6
D=12 мм, H=7 мм	2381,0	0,3	1751,6
D=14 мм, H=7 мм	1189,8	0,3	45,97
D=14 мм, H=8 мм	1776,2	0,3	55,2

Установка данных пористых эндопротезов из никелида титана не повлечет за собой усталостное разрушение костных тканей позвонков сегмента в течение всей жизни человека.

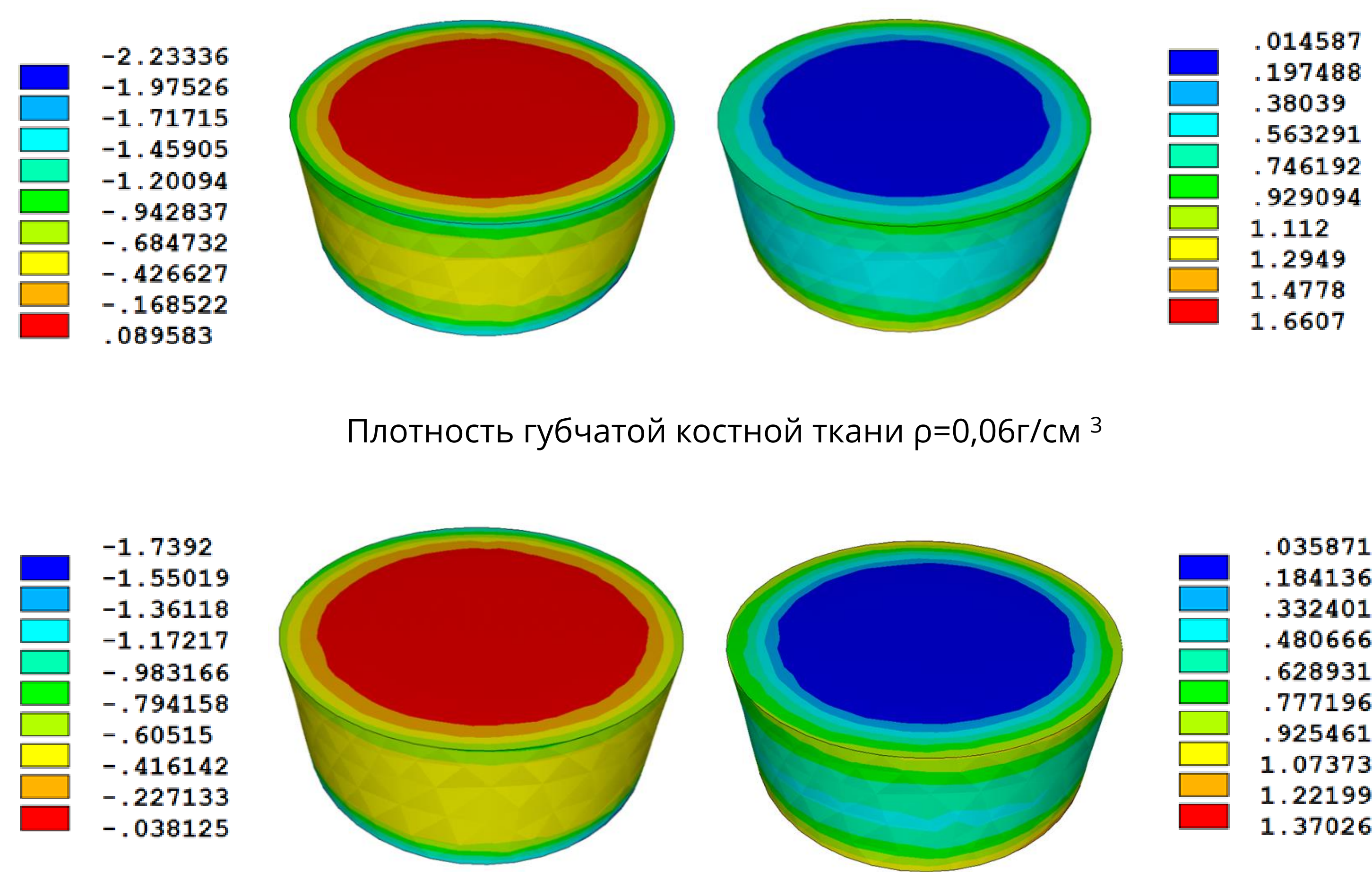


Распределение напряжений по Мизесу  $\sigma_{eqv}$  (МПа) в губчатой (а) и кортикальной (б) костной ткани позвонков при нагружении сегмента с эндопротезом

Параметры оценки долговечности костных тканей

Тип костной ткани	$E_0$ , МПа	$\sigma_{max}$ , МПа	$N_b$	$K_b$ , лет
губчатая костная ткань	318,4	0,288	$2,0E+32$	$1,8E+25$
кортикальная костная ткань	14597,8	33,7	$5,7E+27$	$5,2E+20$

Результаты компьютерного моделирования показали, что уменьшение плотности губчатой костной ткани тел позвонков в результате остеопороза существенно не влияет на характер распределения напряжений, а приводит к увеличению их значений.



Распределение осевых нормальных напряжений  $\sigma_z$  (МПа) (а) и напряжений по Мизесу  $\sigma_{eqv}$  (МПа) (б) в эндопротезе.

В результате проведенного исследования выявлено, что срок службы рассматриваемых эндопротезов составляет не менее 35 лет. По истечении срока службы эндопротезов усталостное разрушение может начаться преимущественно в наружных частях протеза, примыкающих к позвонкам сегмента

Параметры оценки долговечности эндопротезов

Размер эндопротеза	$\sigma_y$ , МПа	$\sigma_{max}$ , МПа	$N_{imp}$	$K_{imp}$ , лет
D=12 мм, H=6 мм	298,05	1,66	427320747,47206	39,0
D=12 мм, H=7 мм	278,7	1,78	424112352,58859	38,7
D=14 мм, H=7 мм	94,76	1,51	388713912,34069	35,4
D=14 мм, H=8 мм	122,6	1,7	396123897,20299	36,2

### Литература

- L.Scarcia, M.Pileggi, A.Camilli, A.Romi, A.Bartolo, F.Giubolini, I.Valente, G.Garignano, F.D'Argento., A. Pedicelli, et al. J. Pers. Med. 2022. 12. A. 1810.
- J.M.Jani, M.Leary, A.Subic, M.A. Gibson Materials and Design. 2014. 56. pp.1078-1113
- S. Hueston, M. Makola, I. Mabe, T. Goswami. Human Musculoskeletal Biomechanics, 2012. Ch. 6. P. 107-158.