



Бакалаврская работа студента 418 группы физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Маракулин Андрей Павлович

Научный руководитель: Черняев Александр Петрович

Дата: 31.05.2022

Научный консультант: Щербаков Алексей Александрович



- В медицине основным объектом является живая ткань, поэтому необходимо точно рассчитывать дозы облучения, распределения по объёму и другие параметры, чтобы здоровые ткани получали наименьшую дозу
- Модели для этой задачи сложны, расчёты ресурсозатратны, а натурные эксперименты иногда невозможны
- В качестве самого частого тканеэквивалентного материала используют воду, однако и используют другие тканеэквивалентные материалы
- Другие тканеэквивалентные материалы могут существенно отличаться от воды
- Возникает необходимость изучать распределения доз в тканеэквивалентных материалах отдельно



Цель работы:

- Оценить и рассчитать, насколько сильно распределения вторичных частиц отличаются от соответствующих распределений в воде

Задачи работы:

- Выбрать медицинский ускоритель для моделирования
- Создать модель фантома тканеэквивалентного материала

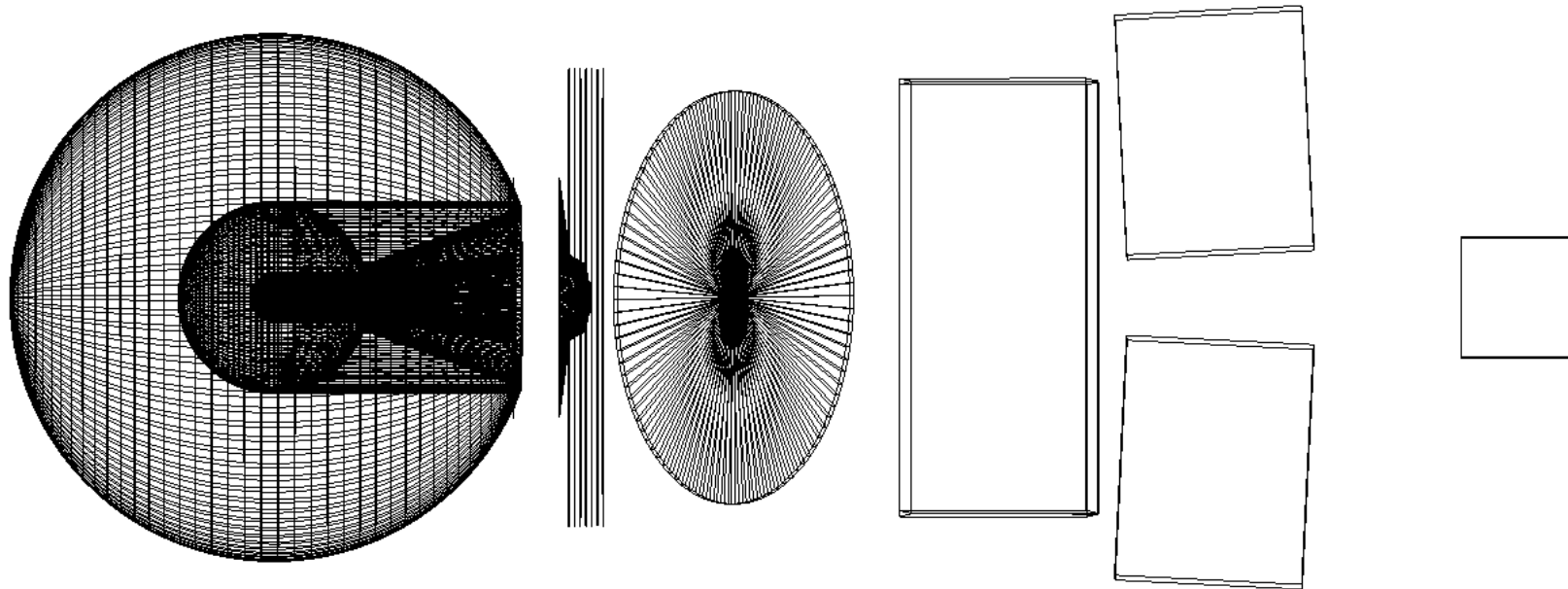
Для выбранных фантомов требуется:

- Построить количественные распределения вторичных частиц
- Построить глубинные распределения дозы вторичных частиц
- Сравнить полученные результаты

# Модель ускорителя

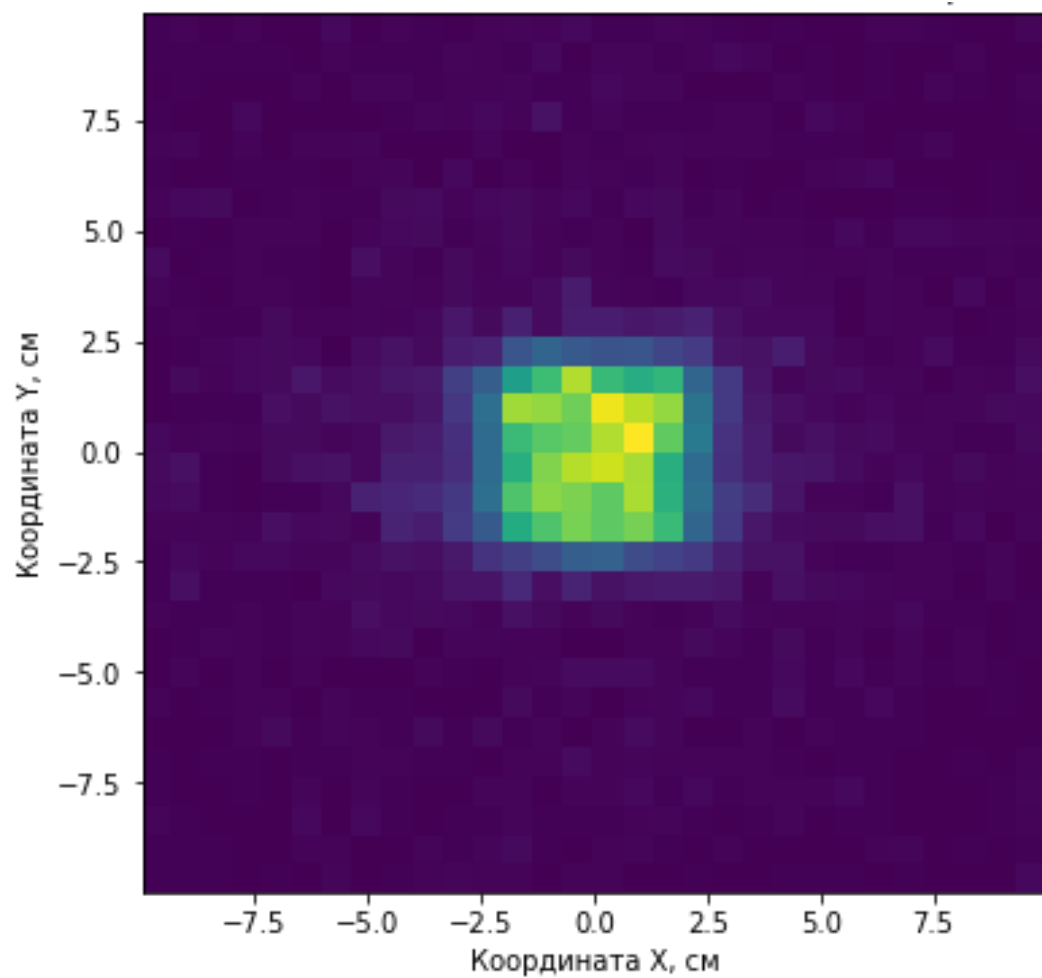


В качестве модели ускорителя была выбрана модель головки ускорителя Varian Clinac 2100C

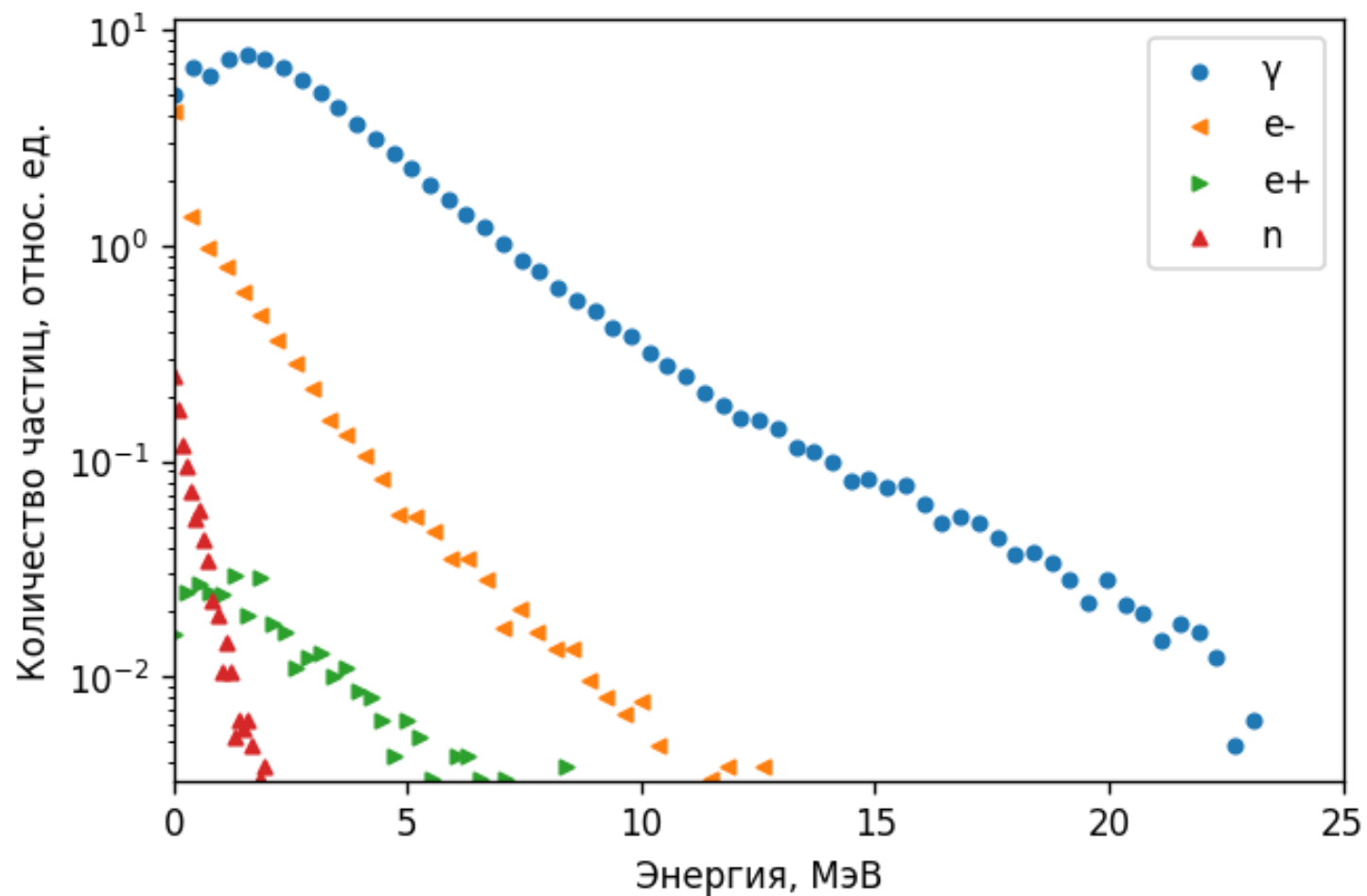


*Геометрия модели головки ускорителя*

# Спектр ускорителя



Пространственное распределение  
спектра ускорителя



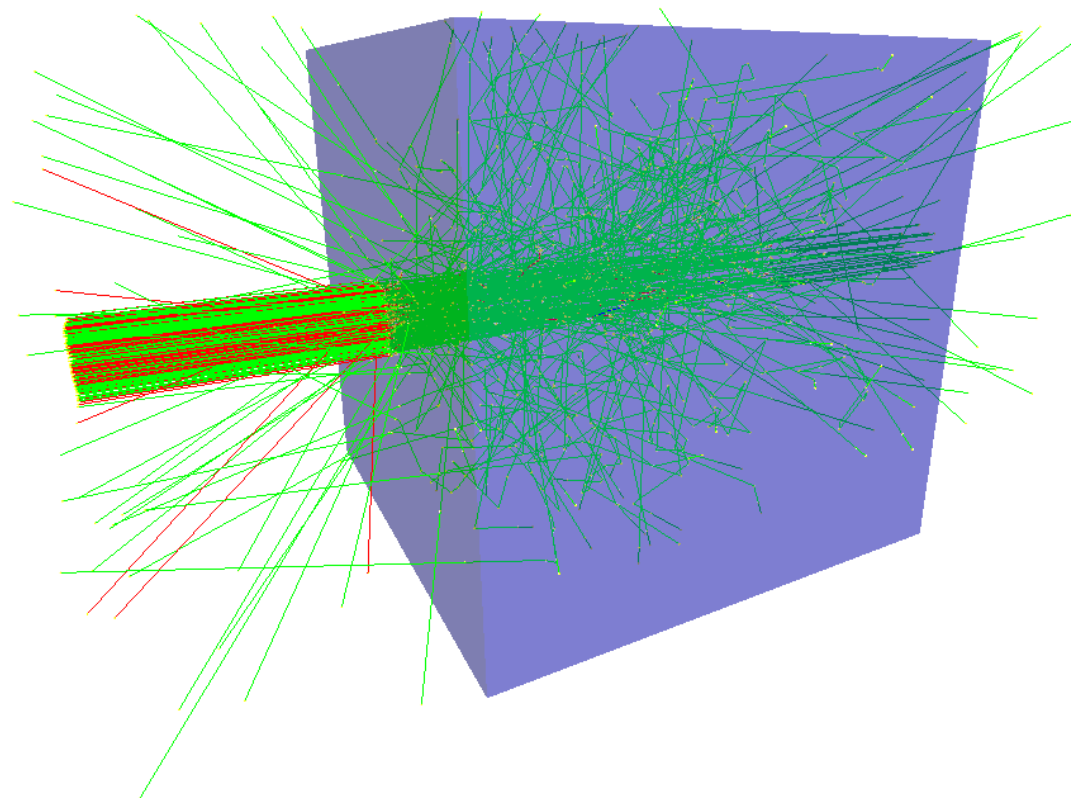
Распределения энергии частиц  
в спектре ускорителя

# Спектр ускорителя



Частицы	Процент от общего числа частиц, %	Средняя энергия на 1 частицу, МэВ	Процент переносимой энергии типом частиц
Гамма-кванты	87.16	3.31	95.42
Электроны	10.03	1.21	4.015
Позитроны	0.36	2.79	0.33
Нейтроны	1.02	0.43	0.14
Протоны	0.52	0.023	0.004
Другие частицы	1,94	-	0.096

*Количественно-энергетические характеристики спектра пучка*

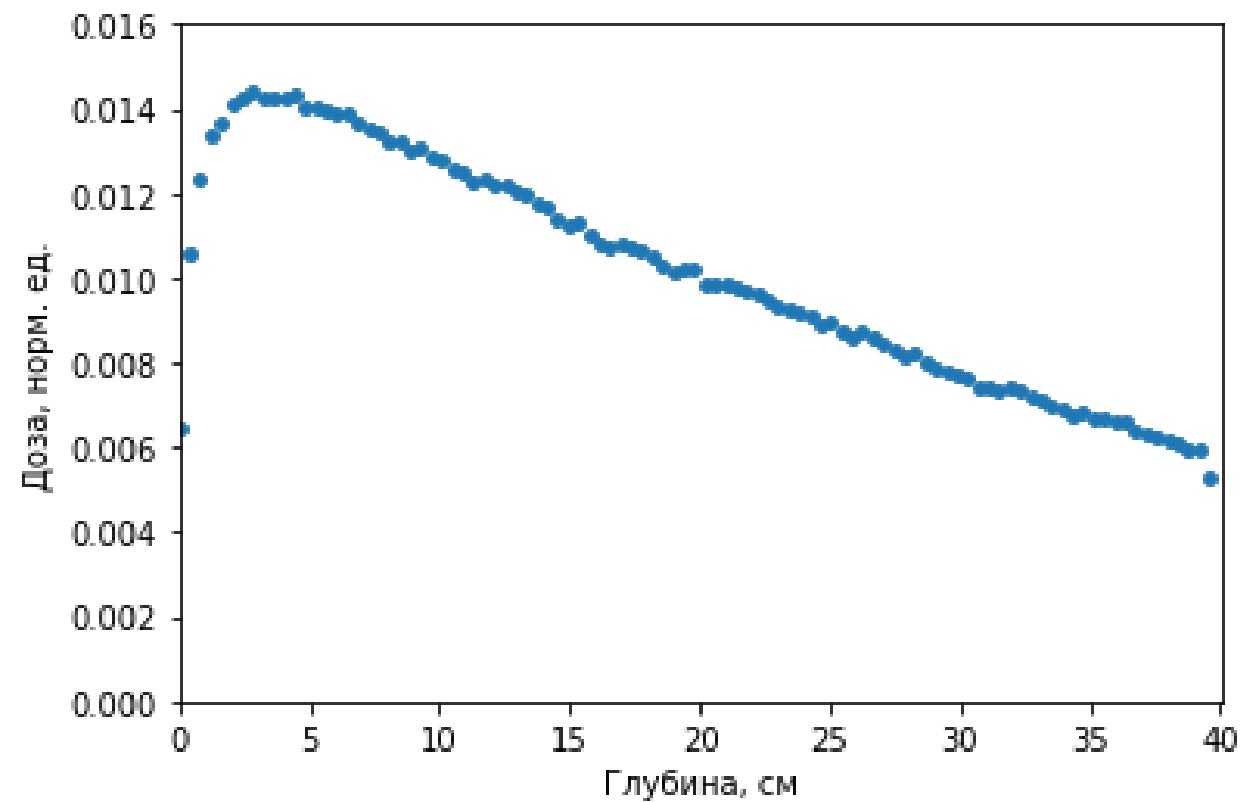


*Вид оптимизированной модели, где единственный объект - фантом*

# Распределение вторичных частиц в воде



Частицы	Процент от общего числа частиц, %
Электроны	95,38
Гамма-кванты	2,52
Позитроны	1,95
Протоны	0,076
Другие частицы	0,074



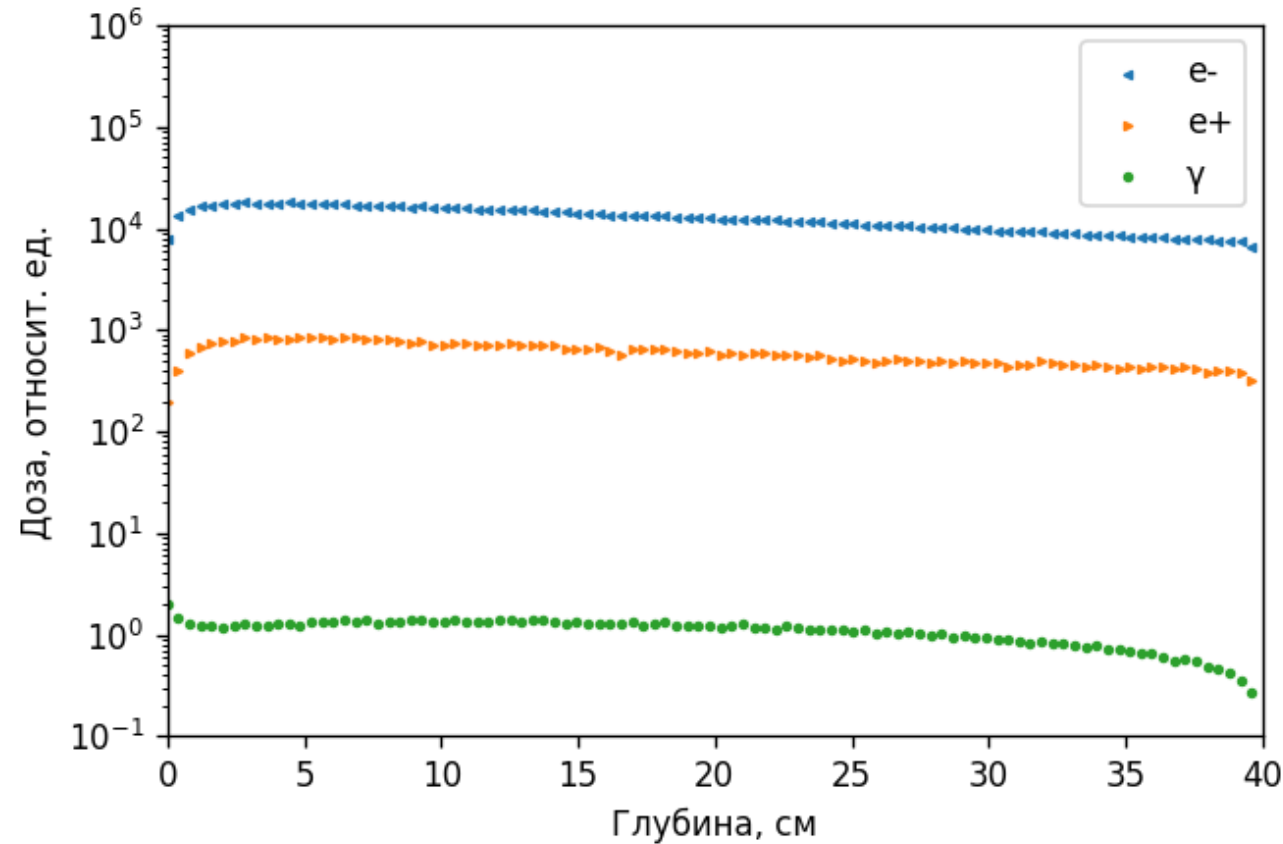
*Глубинное дозовое распределение  
вторичных частиц в воде*



# Отдельные вторичные частицы в воде



Сумма вкладов электронов, позитронов и фотонов обуславливает 95,5% дозы вторичных частиц



*Глубинное дозовое распределение  
вторичных частиц в воде*

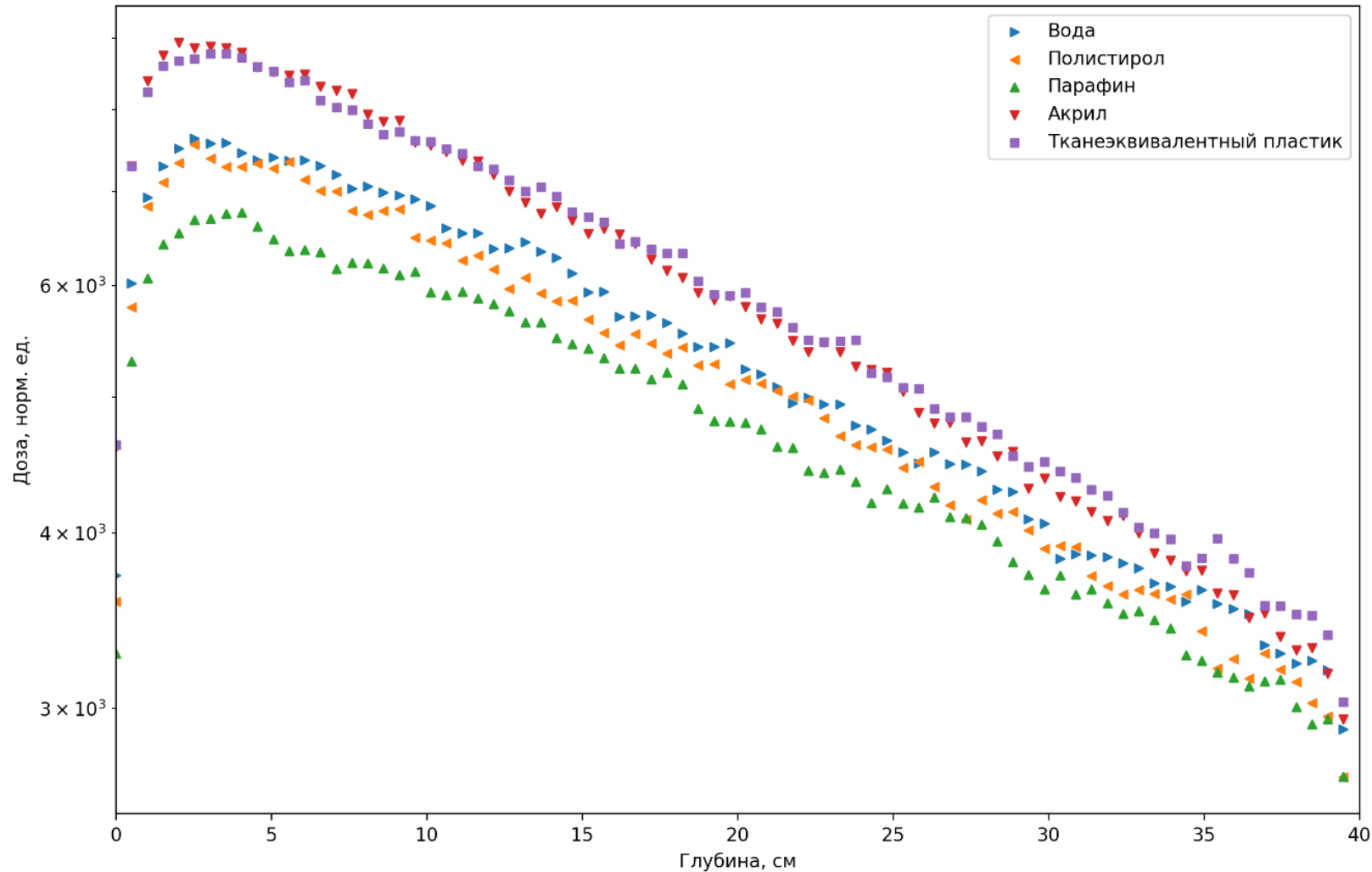


В качестве тканеэквивалентных материалов, для которых требовалось рассчитать распределения вторичных частиц были выбраны:

1. Полистирол ( $C_8H_8$ )
2. Парафин ( $C_{18}H_{38}$ )
3. Акрил ( $C_5H_8O_2$ )
4. Тканеэквивалентный пластик А-150

Выбор был обусловлен частотой использования материалов в исследованиях, посвящённых изучению ионизирующего излучения в тканеэквивалентных материалах

# Распределение дозы в материалах



*Глубинное распределение дозы вторичных частиц для разных тканезквивалентных материалов*



Отношение дозы от вторичных частиц в материале к дозе в воде

Материал	Доза в материале к дозе в воде
Полистирол	0,9659
Парафин	0.8990
Акрил	1.1090
Тканеэквивалентный пластик	1.1195

# Соотношения доз в материалах



Отношения полной дозы (от первичных и вторичных частиц) в материале к дозе к воде.

Материал	Отношение общей дозы к дозе в воде
Полистирол	0,9662
Парафин	0.9039
Акрил	1.1035
Тканеэквивалентный пластик	1.1169

# Вклад в дозу вторичных частиц



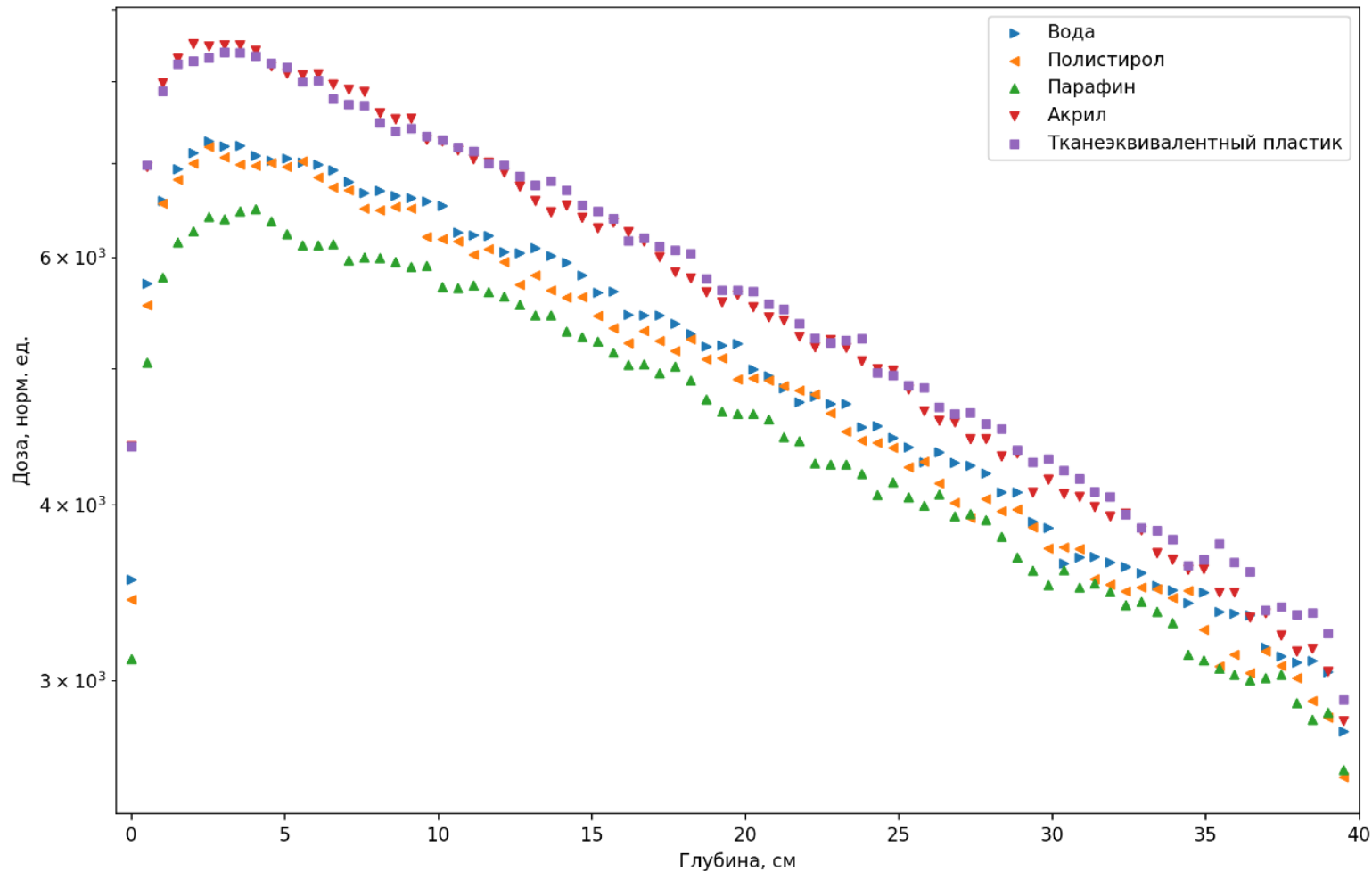
Вклады в дозу для различных типов вторичных частиц, нормированные на вклад этого же типа частицы в воде

Материал	Гамма-кванты	Электроны	Позитроны
Вода	1.00	1	1
Полистирол	0.59	0.97	0.80
Парафин	0.45	0.91	0.66
Акрил	0.96	1.11	0.98
Тканеэквивалентный пластик	2.05	1.13	0.97

# Вклад вторичных электронов



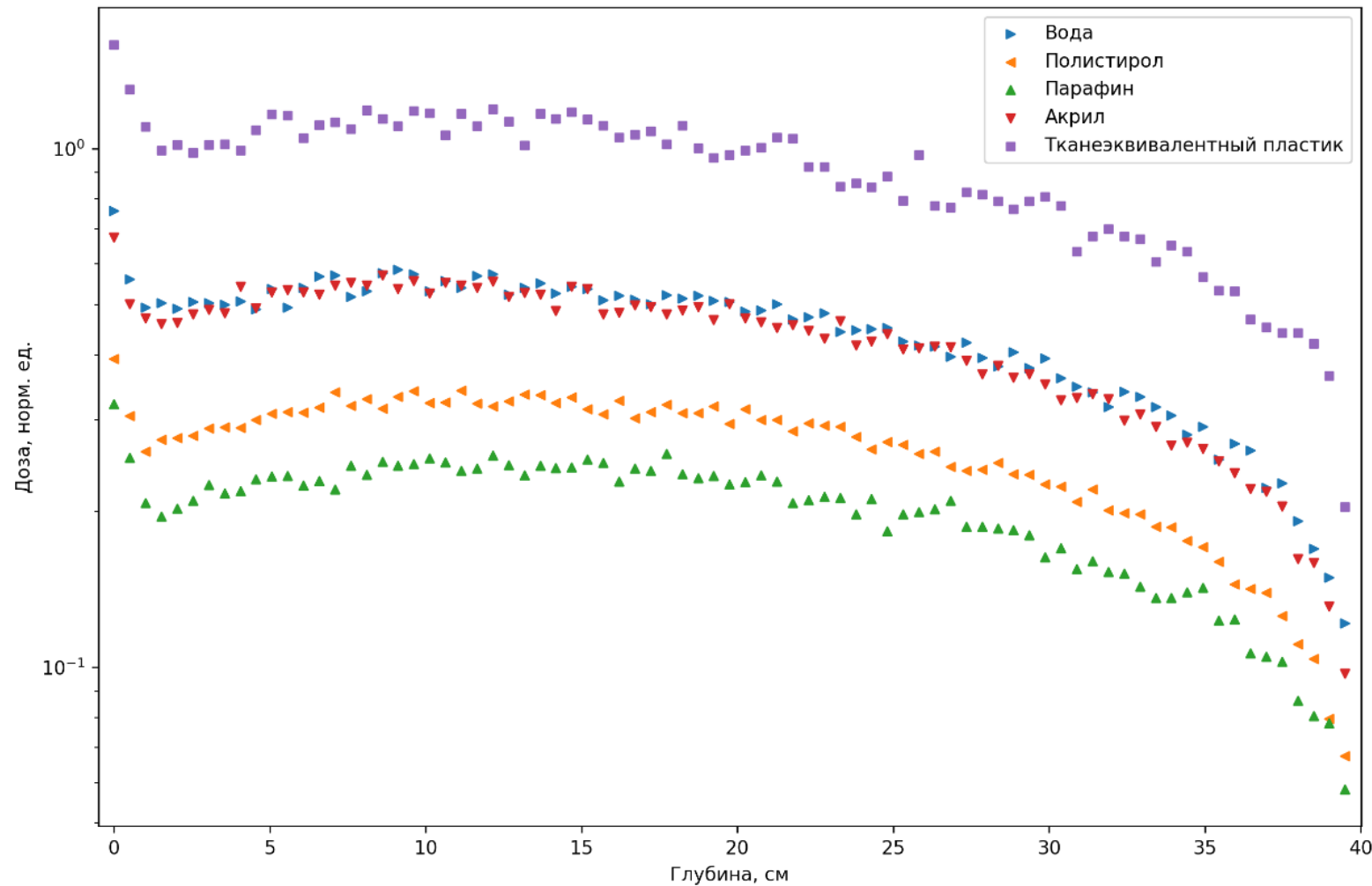
Распределение дозы от вторичных электронов от глубины для различных материалов



# Вклад вторичных гамма-квантов



Распределение дозы от вторичных гамма-квантов от глубины для различных материалов.







- Было выяснено, что наиболее близкие к воде распределения оказались у полистирола для полной дозы, дозы от вторичных частиц и дозе от электронов.
- Для вторичных гамма-квантов и вторичных позитронов с водой лучше согласуется акрил.
- Тканеэквивалентный пластик имеет существенные отклонения от воды по вторичным гамма-квантам и вторичным электронам.



## Сводная таблица степени схожести тканеэквивалентных материалов с водой

	Критерий				
	Полная доза (перв. + втор.)	Доза от вторичных частиц	Доза от вторичных электронов	Доза от вторичных гамма-квантов	Доза от вторичных позитронов
Материалы по степени схожести, чем меньше % различия, тем более схожий материал с водой по выбранному критерию	Полистирол (-3,50%)	Полистирол (-3,53%)	Полистирол (-3,09%)	Акрил (-4,17%)	Акрил (-2,04)
	Акрил (+10,35%)	Акрил (+10,9%)	Парафин (-9,89%)	Полистирол (-69%)	Ткан.-экв. пластик (-3,09%)
	Парафин (-10,63%)	Парафин (-11,23%)	Акрил (+11%)	Ткан.-экв. пластик (+105%)	Полистирол (-25%)
	Ткан.-экв. пластик (+11,69%)	Ткан.-экв. пластик (+11,95%)	Ткан.-экв. пластик (+13%)	Парафин (-122%)	Парафин (-51%)



Бакалаврская работа студента 418 группы физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Маракулин Андрей Павлович

Научный руководитель: Черняев Александр Петрович

Дата: 31.05.2022

Научный консультант: Щербаков Алексей Александрович