

гибки имеется и нейтральный слой, который расположен между сжатым и растянутым слоями. Положение этого слоя определяется радиусом кривизны  $r$ . При гибке, толстого материала, у наружной поверхности ширина полосы уменьшается, а у внутренней увеличивается. Данный процесс называют уширением заготовки.

Напряженно-деформированное состояние металла зависит от отношения внутреннего радиуса изгибаемой заготовки ( $r$ ) к ее толщине ( $s$ ). При этом если:

$(r/s) > 5$  – деформация металла происходит в условиях линейного изгиба;

$(r/s) < 5$  – учитывается отношение ширины заготовки ( $b$ ) к ее толщине ( $s$ ).

В процессе гибки широких или узких полос может быть различное объемное напряженно-деформированное состояние металла.

Плоско-напряженное и объемно-деформированные состояния металла возникают в процессе гибки узких полос ( $b < 3s$ ), имеющих достаточную толщину металла. Объемно-напряженное и плоско-деформированное состояние металла возникает в процессе гибки широких полос ( $b > 3s$ ). Это связано с тем, что в процессе гибки возникает поперечное напряжение ( $\sigma_z$ ), возникающие из-за того, что в процессе гибки широких полос поперечная деформация вдоль линии изгиба является затруднительной.

Зачастую, чтобы четко оформить угол, используется калибрующий удар. В результате такого удара напряженное состояние деформированного металла резко изменяется. В этом случае места, которые находятся под давлением пуансона, имеют напряженное состояние всестороннего неравномерного сжатия.

**Е. Д. Пискунова**

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **И. В. Семченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ПРОГРАММЕ BLENDER НА ПРИМЕРЕ МОЛЕКУЛЫ ДНК**

Для создания 3D модели молекулы ДНК использована программа Blender (версия 2.90.1) – профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга,

анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов», а также создания 2D анимации.

Выбрана именно эта программа для моделирования, так как она многофункциональная, бесплатная, при хорошем знании английского языка достаточно хорошо интуитивно понятна, написана на современных языках программирования (C, C++, Python), а также, при необходимости, предоставляет возможность написания своих скриптов.

Интерфейс программы с проектом модели ДНК показан на рисунке 1.

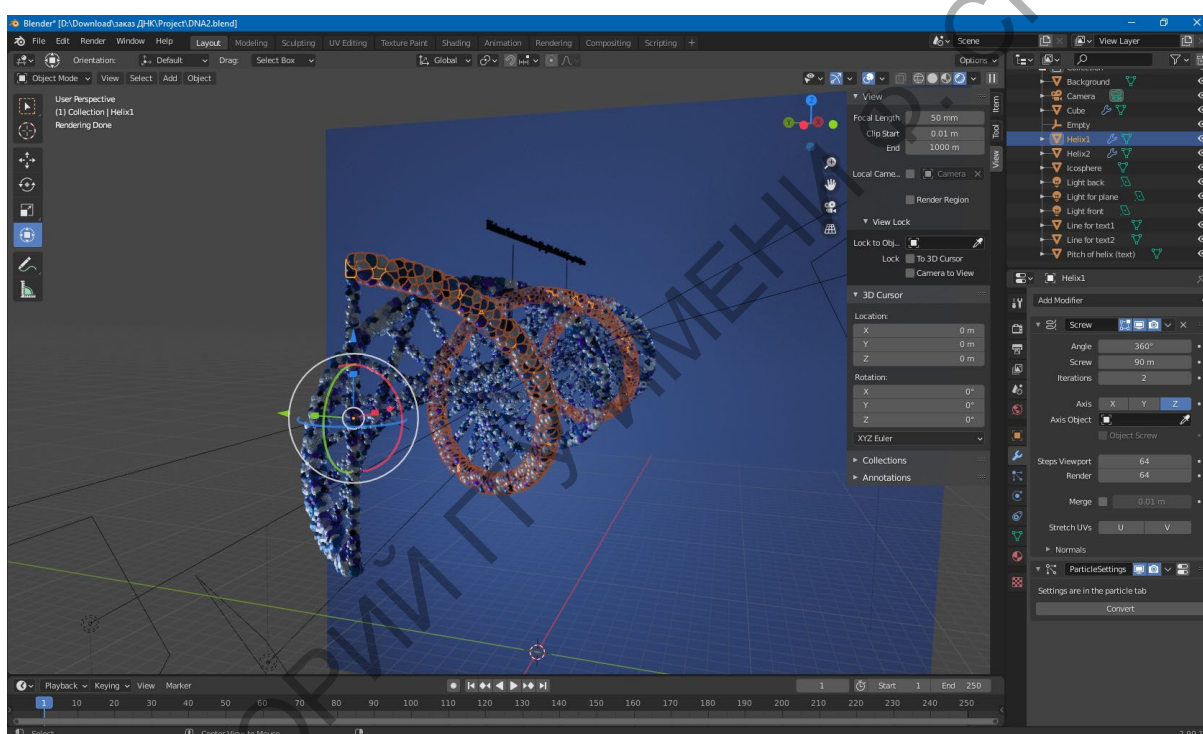


Рисунок 1 – Интерфейс программы Blender

В программе есть много различного функционала, кнопок, упрощающих работу с моделями. Огромное количество функций скрыто под отдельными разделами в панели управления на экране сверху, также полезны сочетания клавиш (Modeling, Sculpting, UV Editing, Texture Paint, Shading, Animation, Compositing, Scripting).

Справа на экране в программе можно увидеть столбец значков-кнопок. При нажатии на любой из них открываются определённые виды свойств и характеристик, которые можно применять к различным объектам, от создания окружающего пространства (мира) и постановки света, до работы с частицами.

В Blender также можно совмещать структуры и материалы с созданными моделями и их частями (в разделе Shading), а также придавать им физические свойства.

Чтобы максимально точно воссоздать реальную физическую модель молекулы ДНК, при создании 3D модели была использована большая часть этого функционала (рисунок 2).

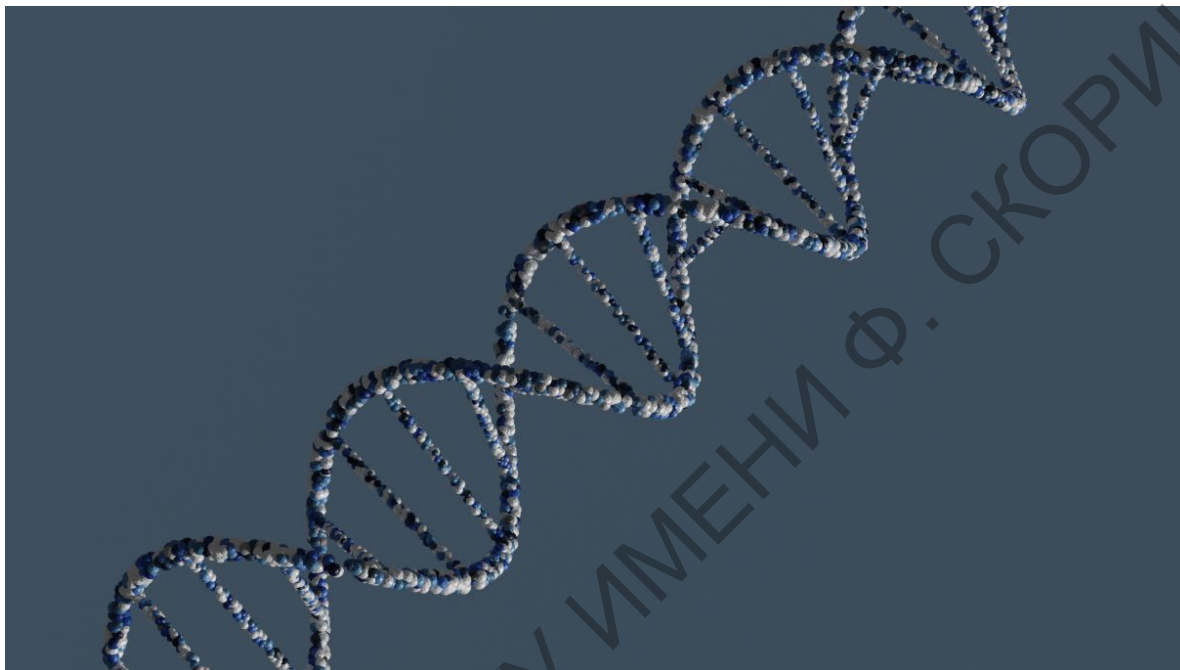


Рисунок 2 – 3D модель двойной спирали молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), спроектированной в программе Blender

Данная модель молекулы ДНК может быть использована при проектировании различных физических и биологических процессов, таких как: репликация молекулы (расщепление молекулы на две дочерние), образование связей между азотистыми основаниями, повреждение молекулы, суперскрученность спиралевидной молекулы, добавление или удаление различных образований, контроль последовательности соединений нуклеотидов, генетическая рекомбинация и др.

Программа Blender может быть применена для создания любой модели или объекта и дальнейшего её внедрения в проекты различной сложности. Возможно использование программы для моделирования процесса идеального компьютерного эксперимента определенной сложности, применения компьютерных моделей на производствах различного типа, от медицины до авиастроения и астрофизики.