

УДК 004:378.147

**И. В. Жуков, А. И. Новикова, А. Н. Дубель,**

факультет естественнонаучного образования,

Омский государственный педагогический университет

Научный руководитель: канд. биол. наук., доц. Т. Ю. Колпакова

## Разработка и изготовление позвонков рыбы с использованием возможностей 3D-моделирования и 3D-печати

**Аннотация.** В статье рассматриваются возможности применения 3D-технологий для разработки и изготовления коллекции туловищных и хвостовых позвонков костистой рыбы. Описываются особенности морфологии позвонков костистой рыбы, процесс создания масштабированной 3D-модели позвонка, особенности печати на 3D-принтере и последующая доработка модели позвонка для его дальнейшего использования на лабораторно-практических занятиях по зоологии позвоночных и сравнительной анатомии животных.

**Ключевые слова:** 3D-печать, 3D-принтер, моделирование, натуральные препараты, осевой скелет.

**С**овременная биология — достаточно сложная дисциплина, и на вербальном уровне трудно получить представление о многих биологических объектах, поэтому ее изучение невозможно без применения средств наглядности: рисунков, схем, муляжей и, конечно, натуральных препаратов. Эти средства обучения позволяют лучше усваивать материал, активизируют внимание, развивают мышление и память.

Использование естественных биологических материалов позволяет определить существенные особенности их морфологии и обратить внимание обучающихся на изучаемый объект.

Естественные препараты являются неотъемлемой частью и особым видом учебного оборудования в биологии, они могут сами быть объектом наблюдений и объектом исследований при проведении лабораторных работ.

Но на сегодняшний день таких препаратов, необходимых для изучения в высших учебных заведениях, промышленность производит очень мало. А те, что имеются на кафедре биологии и биологического образования Омского государственного педагогического университета, изношены в силу их «возраста», многие пришли в негодность. Например, комплект «Гомология позвонков разных классов позвоночных животных», где представлены амфицельные, процельные, опистоцельные, гетероцельные и платицельные позвонки, находится не в лучшем состоянии: позвонки очень мелкие, хрупкие и при многолетнем использовании частично повреждены.

Поэтому возникла необходимость воссоздать подобную коллекцию с применением современ-

ных технологий — с помощью технологии 3D-печати, так как она совмещает в себе простоту, скорость и дешевизну.

Сам процесс создания детали можно условно разделить на четыре этапа: разработка 3D-модели будущей детали, подготовка ее в специальной программе для 3D-печати, печать, обработка напечатанной детали.

Изначально планировалось найти нужную нам модель в свободном доступе в интернете. Но, несмотря на огромное количество ресурсов, представляющих готовые для печати модели, мы не смогли найти модель позвонка рыбы. Поэтому пришлось создать ее самим. Для этого мы изучили морфологию позвонков костистой рыбы, которые послужили прототипами создаваемой модели.

У большинства рыб осевой скелет представлен позвоночником, в котором выделяют два отдела: туловищный с ребрами и хвостовой без ребер.

Каждый позвонок состоит из тела, округлого в поперечном сечении, над телом располагаются верхние невральные дуги, образующие спинномозговой канал. Невральная дуга заканчивается остистым отростком. У большинства рыб позвонки амфицельные (двояковогнутые) [1, с. 31]. Снизу и с боков от тела позвонка отходят поперечные отростки — парапофизы, к которым в туловищном отделе прикрепляются ребра. Позвонки хвостового отдела ребер не несут, нижние дуги позвонка образуют гемальный канал [2].

Модель туловищного и хвостового амфицельного позвонка костистой рыбы создавалась в программе Blender, предназначенной для работы

с 3D-моделями. Для подготовки к печати мы использовали программу Ultimaker Cura. После перемещения файла в редактор (слайсер) и некоторой подготовки программа сама «нарезает» модель на слои, выставляет опоры под нависающие элементы, рассчитывает время.

Непосредственно печать осуществлялась на принтере компании ZENIT, модель ZENIT DUO. Этот принтер относится к так называемым FDM (Fused Deposition Modeling), и все устройства данного типа достаточно просты и не требуют специализированной подготовки. Чтобы начать работу, нужно установить катушку с пластиковой нитью на специальную стойку и конец этой нити закрепить в экструдере. Неприхотливость этого типа принтеров к условиям работы говорит о возможности применения его в неподготовленных для этого местах, таких как открытые офисы или классы школ. Детали, получающиеся сразу после печати, остаются достаточно чистыми и сухими, что позволяет приступить к постобработке почти сразу после их получения. Как само оборудование, так и расходные материалы к нему, например полимеры, имеют низкую стоимость. Поэтому деталь, получившаяся в результате печати, обходится недорого.

Процесс печати автоматизирован и не требует прямого участия человека. Но лучше не покидать надолго принтер во время печати, ведь могут возникнуть некоторые неполадки в виде срыва детали со стола, появления наплывов, деформации детали из-за не до конца остывшего пластика и т. д.

После завершения печати, прежде чем снимать деталь, необходимо немного подождать, так как ее температура может достигать 70 °С. Поскольку деталь приклеивается к столу во время печати, для ее снятия используется специальная лопатка, напоминающая шпатель, или, за неимением таковой и по причине прочности детали, она отделяется от стола рукой. Для этого необходимо взять деталь максимально близко к основанию и с силой потянуть на себя.

При правильных настройках после извлечения готовая деталь не должна иметь наплывов, разрывов, должна обладать изначально запланированной формой и включать минимум нитей пластика. Но даже если всё сделано правильно, остаются две вещи, которые нам придется убрать вручную.

Первая из них — это вспомогательные опоры. Обычно их можно легко убрать руками, пока деталь не полностью остыла. Но нужно быть осторожным. В тонких местах опора может отделиться с частью детали, поэтому в таких случаях лучше пользоваться подручными инструментами. Для этого используются небольшие бокорезы, резки или, в крайнем случае, канцелярский нож.

Вторая — это неоднородная поверхность детали. Независимо от настроек всегда будут видны слои. Ровные поверхности они делают визуально непривлекательными, а на закругленных создают «лесенку». Избавиться от них можно двумя способами.

Первый — шпаклевка или толстая грунтовка. Суть одинакова — мы заполняем углубления между слоями, тем самым сглаживая всю поверхность.

Второй — обработка детали растворителем. Для двух самых распространенных для 3D-печати видов пластика (ABS и PLA) существует общий растворитель — дихлорметан. Способы нанесения его на деталь бывают разные: создание «бани», когда пары растворителя оседают на деталь, покрытие конкретных участков с помощью кисти или куска ткани, смоченной в растворителе, окунание детали на несколько секунд в ванночку с растворителем. Но принцип везде один и тот же. Тонкий слой пластика на поверхности растворяется и сливается воедино, а после испарения растворителя вновь твердеет.

Напечатанная модель позвонка является хорошей масштабированной копией, но заменить полностью натуральные объекты с помощью электронных средств обучения невозможно.

1. Костоусов В. Г. Иктиология. — Минск : Белорус. гос. ун-т, 2018. — 183 с.

2. Пономарев С. В., Баканева Ю. М., Федоровых Ю. В. Иктиология. — СПб. : Лань, 2016. — 560 с.