

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ/METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF VOCATIONAL EDUCATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4>

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МОДУЛЬ «МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ» В ПРОГРАММЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Научная статья

Сафонов М.А.^{1,*}

¹ORCID : 0000-0002-7174-6876;

¹Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

¹Институт развития образования Оренбургской области, Оренбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (safonovmaxim[at]yandex.ru)

Аннотация

Обсуждается опыт разработки и внедрения модуля «Моделирование биологических систем» в практику дополнительного образования в рамках деятельности ТО «Биоквантум» Института развития образования Оренбургской области. Анализируются особенности модуля, которые позволяют модифицировать его для объединений других направлений подготовки. Обсуждается значение моделирование, как совокупности аналитико-синтетических процессов, в современной науке и системе образования. Приводится общий алгоритм реализации модуля и тематический план модуля, в котором отражены темы и формы занятий, включающие преимущественно активные и интерактивные формы. Отмечается значение этапов валидации моделей и прототипирования для достижения образовательных целей. Приводятся конкретные продуктивные результаты (модели), созданные обучающимися в результате освоения модуля.

Ключевые слова: дополнительное образование, модульная система, биологические системы, моделирование, прототипирование, Институт развития образования Оренбургской области.

PROSPECTIVE MODULE 'MODELLING OF BIOLOGICAL SYSTEMS' IN THE PROGRAMME OF ADDITIONAL EDUCATION

Research article

Safonov M.A.^{1,*}

¹ORCID : 0000-0002-7174-6876;

¹Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

¹Institute of Education Development of the Orenburg region, Orenburg, Russian Federation

* Corresponding author (safonovmaxim[at]yandex.ru)

Abstract

The experience of development and implementation of the module 'Modelling of biological systems' in the practice of additional education within the framework of the activities of TO 'Bioquantum' of the Institute of Education Development of Orenburg Oblast is discussed. The specifics of the module are analysed, which allow modifying it for associations of other training directions. The importance of modelling as a set of analytical and synthetic processes in modern science and education system is described. The general algorithm of module implementation and the thematic plan of the module are given, which reflects the topics and forms of classes, including mainly active and interactive forms. The importance of the stages of model validation and prototyping for the achievement of educational goals is noted. Specific product outcomes (models) created by students as a result of the module are given.

Keywords: additional education, modular system, biological systems, modelling, prototyping, Institute of Education Development of Orenburg Oblast.

Введение

В дополнительном образовании принята классификация образовательных программ в соответствии с их направленностью: естественно-научные, технические, художественно-эстетические и другие. Выбор обучающимся программы той или иной направленности определяет его образовательную траекторию в рамках дополнительного образования, ориентированную на развитие определенных знаний, умений и навыков. Разностороннее развитие ребенка обеспечивается возможностью свободного выбора путей развития, которые необходимы для формирования у него мотиваций к будущей профессиональной деятельности.

Выбор обучающимся направления обучения в организациях дополнительного образования основана на сочетании многих факторов, к числу которых можно отнести интерес к объекту деятельности, к самой деятельности; в ряде случаев — соотнесение направленности программы с выбором будущей профессии [12]. Любая из программ включает в себя как формирование «мягких» компетенций, так и формирование ряда профессиональных (предпрофессиональных) навыков. Соответственно, если компетенции, касающиеся навыков коммуникации, командной работы, умения планировать свою деятельность и достигать результата, в большинстве программ совпадают, то в плане так называемых «hard» компетенций программы, безусловно, отличаются. При этом обучающийся, выбравший ту или иную программу, остается недостаточно информирован о содержании и формах деятельности в рамках других программ.

Ученик, безусловно, имеет возможность переходить от освоения одной программы к другой, из одного кружка в другой, но при этом не всегда создается ситуация понимания межпредметных связей между программами разной направленности, в то время как большинство прорывных открытий последнего времени основаны именно на междисциплинарных исследованиях, где заимствуются методы исследований, подходы к анализу и реализации проектов [13].

Таким образом, одна из задач дополнительного образования — профессиональное самоопределение — реализуется не в полной мере, так как обучающийся не может освоить все потенциально интересные для него программы и не получает представления о специфике других программ, которые, возможно, могли бы повлиять на его выбор.

Для решения этой проблемы был разработан и внедрен модуль «Моделирование биологических систем» в рамках дополнительной образовательной программы «Биоквантум», реализуемой в Детском технопарке «Кванториум» (Институт развития образования Оренбургской области, г. Оренбург).

В данном случае, образовательным модулем является структурный элемент программы, направленный на формирование одной или группы компетенций обучающихся; набор умений, знаний, отношений и опыта, описанных в форме целей-результатов, которые должен достигнуть обучающийся по завершению освоения модуля [9].

Структурно модуль включает теоретические и практические занятия, направленные на развитие понимания сути и взаимосвязей биологических объектов и явлений через создание моделей разного уровня сложности и структурности.

Разработанный модуль имеет ряд значимых характеристик:

- модуль в определенной мере универсален — он может быть включен в разные образовательные программы дополнительного образования (помимо естественно-научных, также в технические, художественно-эстетические);
- модуль может быть адаптирован для обучающихся разного возраста;
- модуль может реализовываться как преподавателем дисциплин естественно-научного цикла (учитель биологии, географии, химии, физики), так преподавателями труда (технологии), изобразительного искусства (оптимально — во взаимодействии с учителем-предметником).

Смысловая основа разработанного модуля — процесс моделирования, как особой формы научного анализа, при которой происходит построение и изучение модели существующих объектов и явлений [4], [10].

Моделирование как метод исследования получает все более широкое распространение в биологии и в экологии [2], [5], [8]. Во многом это определяется возможностью существенно повысить объективность выводов о структуре и свойствах сложных объектов [11]. В общем смысле модель есть абстрактное описание того или иного явления реального мира. Так, на экосистемном уровне основу моделей составляет количественное описание связей между видами и сообществами с факторами среды [18].

Моделирование, как продуктивный процесс, представляет собой уровень конструирования модели объекта изучения, согласно таксономии учебных целей Герлаха – Салливана [3].

Одна из характерных черт моделирования — формализация данных, которая позволяет оперировать некоторым комплексом знаний об объекте, необходимых в данной модели, абстрагируясь от всех его многочисленных свойств и параметров. Однако из-за высокой сложности организации биологические объекты (в том числе и экосистемы), достаточно трудно поддаются формализации. Поэтому важнейшей задачей в изучении биологических объектов является построение их информационных моделей. Данные, переведенные в цифровую форму, приобретают новое качество, однако применение информационных технологий для обработки и интерпретации данных различных биологических наблюдений и экспериментов должно основываться на использовании различных моделей (феноменологических, информационных, математических и др.). Обычно выделяют следующие типы моделей [1], [7]:

1. Материальные модели.
2. Нематериальные модели, представляющие собой информацию.
3. Физические модели, воспроизводящие моделируемое свойство объекта.
4. Аналоговые модели, воспроизводящие поведение, изменение объекта.
5. Интуитивные модели, отражающие восприятие объекта автором.
6. Информационные модели — это описание объекта или его отдельных свойств.

В представляемом модуле могут использоваться все типы моделей в соответствии со спецификой рассматриваемых биологических объектов и готовностью обучающихся к формализации и анализу данных.

Важным отличием разработанного модуля является наличие блока прототипирования, т.е. превращения абстрактной идеи в конкретное визуальное представление. Прототипы помогают проверить функциональность и удобство использования продукта до его фактической реализации. Значительное распространение в современном образовании аддитивных и подобных технологий связано с потребностью современного уровня науки и производства в специалистах такого профиля. С точки зрения педагогики прототипирование позволяет достичь ряда значимых результатов, таких как воспитание ценностей научного познания; развитие пространственного мышления и творческих способностей; развитие проектных и исследовательских умений и навыков; стимулирование познавательной активности и интереса к изучаемым предметам; освоение основ аддитивных технологий, формирование соответствующих базовых навыков прототипирования; профориентация учащихся [15].

Методы и принципы исследования

Представляемый модуль является частью ДООП «Биоквантум», реализуемой в Детском технопарке «Кванториум» Института развития образования Оренбургской области. Общей целью программы является формирование у обучающихся естественнонаучной картины мира посредством включения в активную проектно-исследовательскую деятельность путем решения ряда задач, таких как формирование ответственного и бережного отношения к окружающей среде; развитие познавательного интереса к биологии, творческого подхода к решению поставленных задач и умения работать в команде, формирование системы биологических знаний как компонента целостности

научной картины мира, навыков обращения со сложным оборудованием и умений проведения исследований и адекватной оценки полученных результатов и др.

Соответственно, в результате освоения программы обучающийся должен владеть понятийным аппаратом современной биологии и экологии и навыками системного мышления; знаниями и умениями применения методов получения биологических данных и их анализа; навыками постановки и проведения биологических экспериментов; навыками совместной (командной) работы на основе развития коммуникативных компетенций. Использование модельного подхода позволяет повысить эффективность формирования необходимых навыков и умений [6], [16], [17].

Обобщенный алгоритм реализации модельного подхода в рамках модуля выглядит следующим образом:

- поиск / выявление объекта / проблемы;
- изучение объекта / явления, его качественных и количественных характеристик, а также структурно-функциональных связей;
- моделирование характеристик / связей (создание нематериальных моделей);
- выбор способа материального / аналогового моделирования;
- выбор оборудования и способов реализации модели;
- прототипирование.

Разработанный модуль впервые внедрен в практику в 2023–2024 учебном году для обучающихся ТО «Биоквантум» 2–3 года обучения (12–15 лет) и был апробирован в общей сложности на 24 учащихся.

Основные результаты

Ниже представлен тематический план модуля (табл.1), включающий в себя 14 занятий, продолжительностью 1,5 часа.

Таблица 1 - Тематический план модуля
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.1>

№ п/п	Тема занятия	Форма занятия	Планируемый результат
1	«Что в природе интересно» Поиск / выявление объекта/ явления / проблематизация	Дискуссия, генерация идей (мозговой штурм)	Определение объекта / явления для моделирования. Навыки генерации идей, коммуникативные практики
2	«Изучи объект» Изучение объекта / явления, его качественных и количественных характеристик, а также структурно-функциональных связей	Дата-скаутинг, круглый стол	Определение значимых (моделируемых) свойств модели Навыки сбора, анализа, представления информации
3	«Моделирование. Типы моделей» Знакомство с типами моделей и принципами моделирования; анализ существующих моделей в биологии	Лекция с элементами дискуссии	Выбор типа модели Навыки анализа информации о модели, коммуникативный практикум
4-5	«Визуализация моделей» Моделирование характеристик / связей (создание нематериальных моделей)	Практикум по визуализации информации	Визуализация модели Освоение программ визуализации
6-7	«Создание виртуальной модели»	Практикум по созданию виртуальных моделей	Создание эскизов моделей Освоение программ 2D и 3D графики
8	«Валидация модели»	Представление и	Оценка валидности

№ п/п	Тема занятия	Форма занятия	Планируемый результат
		защита моделей (деловая игра)	моделей Навыки презентации и защиты разработок
9	«От идеи к результату» выбор способа материального / аналогового моделирования	Лекция с элементами дискуссии	Определение способа моделирования. Навыки генерации идей, коммуникативный практикум
10	«Технологии нам в помощь» выбор оборудования, материалов и способов реализации модели	Лекция с элементами дискуссии	Оценка и выбор оборудования, материалов. Коммуникативный практикум
11-12	«Прототип»	Практическое занятие	Прототип модели Навыки работы с лазерным гравером, 3D принтером, компьютерной техникой
13-14	«Лучшая модель» Подготовка и презентация результатов модуля (объект или презентация)	Защита проектов	Презентация модели. Навыки презентации результатов работ

Как видно из тематического планирования, модуль включает разные формы активного и интерактивного обучения, такие как мозговой штурм, деловая игра, дискуссия, проектный метод, защита проектов. Разнообразие активных форм позволяет достичь максимального эффекта в поддержании устойчивого интереса обучающихся к проводимым занятиям и достижения результатов модуля — реализации и защиты проекта.

Важной частью процесса моделирования является валидация моделей, т.е. оценка ее эффективности с точки зрения уровня соответствия модели реальным объектам и явлениям исходя из анализа спектра свойств [14], в частности: качественная и количественная адекватность модели по отношению к тем или иным аспектам объекта-оригинала; простота и оптимальность модели; адаптивность модели, т.е. возможность менять характеристики в заданных диапазонах для достижения целей моделирования; надежность, устойчивость, чувствительность, управляемость, наблюдаемость моделей.

Валидация является важной частью процесса моделирования. В ходе работы над моделью она проводится неоднократно: при оценке эскиза (изображения) объекта моделирования для оценки его функциональности и внешних характеристик (дизайна); при сборке отладке прототипа.

Часть занятий посвящено освоению конкретных навыков и умений, связанных с получением прототипа: 2D и 3D моделирование, работа на специальном оборудовании (3D принтер, Лазерный гравер). Разумеется, освоение аддитивных технологий за столь краткий срок мало вероятно; главная цель модуля в этом направлении — знакомство обучающихся с соответствующей техникой, ее устройством и возможностями.

Примеры выполненных проектов (моделей) приведены на фото (рис.1–4).

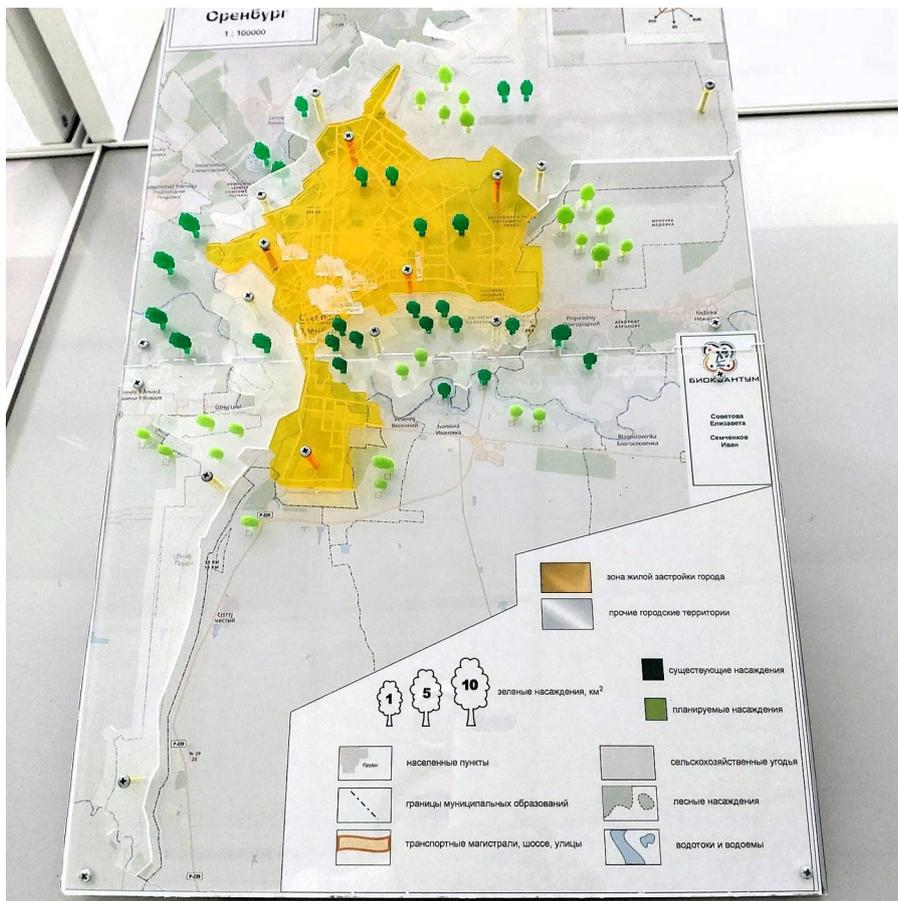


Рисунок 1 - Проект размещения зеленых насаждений в городе Оренбурге и на прилегающих территориях
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.2>



Рисунок 2 - Образовательная игра «Экопирамида» для изучения трофической структуры экосистем
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.3>



Рисунок 3 - Проект «Знакомые насекомые» (комплект моделей насекомых, смоделированных обучающимися)
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.4>



Рисунок 4 - Обучающий стенд «Дерево эволюции»
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.5>



Рисунок 5 - Электрическая викторина «Следопыт» для изучения следов животных
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.4.6>

Представленные проекты, созданные обучающимися ТО «Биоквантум», прошли апробацию на конкурсах проектов разного уровня и получили высокую оценку.

Заключение

Разработанный модуль вполне органично входит в структуру Дополнительной образовательной программы «Биоквантум», существенно расширяя кругозор обучающихся и давая им возможность получить новые знания и умения, которые могут сыграть важную роль в выборе ими будущей профессии.

Поводя итог образовательной ценности данного модуля, можно сделать вывод, что такой подход к изучению естественных наук, совмещенный с моделированием, интересен обучающимся; дает возможность для реализации их творческого потенциала и развивает у них конкретные практические навыки моделирования и прототипирования.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Астахов А.В. Виды моделирования и их особенности / А.В. Астахов // Инновационные процессы в технологических системах : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Калуга, 08 июня 2020 г.). — Стерлитамак : Агентство международных исследований, 2020. — С. 10–13.
2. Бондаренко А.А. Изучение экологических явлений посредством метода моделирования / А.А. Бондаренко, Н.В. Третьякова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — Краснодар : КубГАУ, 2021. — С. 403–405.
3. Данилов О.Е. Дидактическая модель формирования понятия поля физической величины с помощью компьютерной визуализации на основе таксономии Герлаха–Салливана / О.Е. Данилов // Концепт. — 2013. — № 3(19). — С. 1–6.
4. Колеватов В.А. Методы научного познания / В.А. Колеватов, Е.В. Букина. — Москва : Litres, 2022. — 120 с.
5. Колчанов Н.А. Системная компьютерная биология / Н.А. Колчанов, С.С. Гончаров, В.А. Лихошвай [и др.]. — Москва : Litres, 2022. — 114 с.
6. Крутский А.Н. Психодидактика среднего образования / А.Н. Крутский. — Барнаул : АлтГПУ, 2008. — 254 с.
7. Лаврентьева А.А. Виды моделирования и его роль в научном познании / А.А. Лаврентьева, Н.В. Хисматулина, С.А. Пугачева // Modern Science. — 2020. — № 12-3. — С. 118–120.
8. Лахно В.Д. Математическая биология и биоинформатика / В.Д. Лахно // Вестник РАН. — 2011. — Т. 81, № 9. — С. 812–818.
9. Модульные дополнительные общеобразовательные общеразвивающие программы: особенности и структура : метод. рекомендации. — Новосибирск : ГАУ ДО НСО «ОЦРТДиЮ», 2022. — 22 с.

10. Пономарева А.И. Моделирование как метод научного познания: содержание и типология / А.И. Пономарева, А.В. Суворова // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2020. — № 12-2. — С. 233–237.
11. Рогова Т.В. Методологические основы пространственно-экологического анализа и моделирования биоразнообразия / Т.В. Рогова, А.А. Савельев, Г.А. Шайхутдинова // Учен. зап. Казан. ун-та. — 2008. — Т. 150, № 4. — С. 167–191.
12. Сафонов М.А. Педагогическая аттракция в дополнительном образовании / М.А. Сафонов // Науч. обозрение. Педагогические науки. — 2020. — № 4. — С. 41–46.
13. Серова О.А. Междисциплинарные исследования: проблемы методологии / О.А. Серова, Ю.Г. Лескова // Методологические проблемы цивилистических исследований. — 2020. — № 2. — С. 267–280.
14. Соколов Б.В. Концептуальные и методические основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов / Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // Тр. СПИИРАН. — 2004. — Т. 2, № 1. — С. 10–35.
15. Федосов А.Ю. Формирование базовых навыков прототипирования на ступени основного общего образования / А.Ю. Федосов, Т.А. Семенкова // Информационные системы и технологии : материалы Междунар. науч. конгр. по информатике / под ред. С.В. Абламейко. — Минск : БГУ, 2022. — С. 206–211.
16. Sharipova S. Mathematics in biology / S. Sharipova // ICARHSE International Conference on Promotion Conference "Research in the Humanities, Applied Sciences and Education". — New York : Conferencia, 2022. — P. 196–199.
17. Шимко Е.А. Возможности модельного подхода при формировании естественно-научной грамотности учащихся / Е.А. Шимко // Изв. АлтГУ. — 2010. — № 1-2. — С. 46–50.
18. Justi R.S. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers / R.S. Justi, J.K. Gilbert // International Journal of Science Education. — 2002. — Vol. 24, № 4. — P. 369–387.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Astakhov A.V. Vidy modelirovaniya i ikh osobnosti [Types of modeling and their features] / A.V. Astakhov // Innovatsionnye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh [Innovative Processes in Technological Systems] : Proc. of Int. Sci.-Pract. Conf. (Kaluga, June 08, 2020). — Sterlitamak : Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy [International Research Agency], 2020. — P. 10–13. [in Russian]
2. Bondarenko A.A. Izuchenie ekologicheskikh yavleniy posredstvom metoda modelirovaniya [Studying ecological phenomena through modeling method] / A.A. Bondarenko, N.V. Tretyakova // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa [Scientific Support of Agricultural Complex]. — Krasnodar : KubGAU, 2021. — P. 403–405. [in Russian]
3. Danilov O.E. Didakticheskaya model' formirovaniya ponyatiya polya fizicheskoy velichiny s pomoshch'yu komp'yuternoy vizualizatsii na osnove taksonomii Gerlaha-Sallivana [Didactic model of forming the concept of physical field through computer visualization based on Gerlach-Sullivan taxonomy] / O.E. Danilov // Kontsept [Concept]. — 2013. — № 3(19). — P. 1–6. [in Russian]
4. Kolevatov V.A. Metody nauchnogo poznaniya [Methods of scientific cognition] / V.A. Kolevatov, E.V. Bukina. — Moscow : Litres, 2022. — 120 p. [in Russian]
5. Kolchanov N.A. Sistemnaya komp'yuternaya biologiya [System computational biology] / N.A. Kolchanov, S.S. Goncharov, V.A. Likoshvay [et al.]. — Moscow : Litres, 2022. — 114 p. [in Russian]
6. Krutskiy A.N. Psikhodidaktika srednego obrazovaniya [Psychodidactics of secondary education] / A.N. Krutskiy. — Barnaul : AltGPU, 2008. — 254 p. [in Russian]
7. Lavrent'eva A.A. Vidy modelirovaniya i ego rol' v nauchnom poznanii [Types of modeling and its role in scientific cognition] / A.A. Lavrent'eva, N.V. Khismatulina, S.A. Pugacheva // Modern Science. — 2020. — № 12-3. — P. 118–120. [in Russian]
8. Lakhno V.D. Matematicheskaya biologiya i bioinformatika [Mathematical biology and bioinformatics] / V.D. Lakhno // Vestnik RAN [Bulletin of Russian Academy of Sciences]. — 2011. — Vol. 81, № 9. — P. 812–818. [in Russian]
9. Modul'nye dopolnitel'nye obshcheobrazovatel'nye obshcherazvivayushchie programmy: osobnosti i struktura [Modular supplementary general developmental programs: features and structure]: method. recommendations. — Novosibirsk : GAU DO NSO "OTsRTDiYu", 2022. — 22 p. [in Russian]
10. Ponomareva A.I. Modelirovanie kak metod nauchnogo poznaniya: soderzhanie i tipologiya [Modeling as a method of scientific cognition: content and typology] / A.I. Ponomareva, A.V. Suvorova // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika [Economics and Business: Theory and Practice]. — 2020. — № 12-2. — P. 233–237. [in Russian]
11. Rogova T.V. Metodologicheskie osnovy prostranstvenno-ekologicheskogo analiza i modelirovaniya bioraznoobraziya [Methodological foundations of spatial-ecological analysis and biodiversity modeling] / T.V. Rogova, A.A. Savel'ev, G.A. Shaykhutdinova // Uchen. zap. Kazan. un-ta [Proceedings of Kazan University]. — 2008. — Vol. 150, № 4. — P. 167–191. [in Russian]
12. Safonov M.A. Pedagogicheskaya attraktsiya v dopolnitel'nom obrazovanii [Pedagogical attraction in supplementary education] / M.A. Safonov // Nauch. obozrenie. Pedagogicheskie nauki [Scientific Review. Pedagogical Sciences]. — 2020. — № 4. — P. 41–46. [in Russian]
13. Serova O.A. Mezhdistsiplinarnye issledovaniya: problemy metodologii [Interdisciplinary research: methodological problems] / O.A. Serova, Yu.G. Leskova // Metodologicheskie problemy tsivilisticheskikh issledovaniy [Methodological Problems of Civil Law Research]. — 2020. — № 2. — P. 267–280. [in Russian]
14. Sokolov B.V. Kontseptual'nye i metodicheskie osnovy kvalimetrii modeley i polimodel'nykh kompleksov [Conceptual and methodological foundations of qualimetry of models and polymodel complexes] / B.V. Sokolov, R.M. Yusupov // Тр. СПИИРАН [Proceedings of SPIIRAS]. — 2004. — Vol. 2, № 1. — P. 10–35. [in Russian]
15. Fedosov A.Yu. Formirovanie bazovykh navykov prototipirovaniya na stupeni osnovnogo obshchego obrazovaniya [Developing basic prototyping skills at primary education level] / A.Yu. Fedosov, T.A. Semenkova // Informatsionnye sistemy i

tehnologii [Information Systems and Technologies] : Proc. of Int. Sci. Congress on Informatics / ed. by S.V. Ablameyko. — Minsk : BSU, 2022. — P. 206–211. [in Russian]

16. Sharipova S. Mathematics in biology / S. Sharipova // ICARHSE International Conference on Promotion Conference "Research in the Humanities, Applied Sciences and Education". — New York : Conferencia, 2022. — P. 196–199.

17. Shimko E.A. Vozmozhnosti model'nogo podkhoda pri formirovanii estestvenno-nauchnoy gramotnosti uchashchikhsya [Possibilities of modeling approach in developing students' scientific literacy] / E.A. Shimko // Izv. AltGU [Altai State University Bulletin]. — 2010. — № 1-2. — P. 46–50. [in Russian]

18. Justi R.S. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers / R.S. Justi, J.K. Gilbert // International Journal of Science Education. — 2002. — Vol. 24, № 4. — P. 369–387.