

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор НОЦ «Институт
непрерывного образования»

 Е.В. Мошкина

2024 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Синтетическая биология»

Красноярск 2024

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Аннотация программы

Синтетическая биология — новая стремительно развивающаяся междисциплинарная область современной биоинженерии и требует подготовку уникальных специалистов, использующих знания и практический опыт не только таких междисциплинарных наук как биофизика, биохимия, биотехнология, омиксные технологии и др., но применять современные информационные технологии, методы математического анализа и моделирования, а также инженерные принципы для изучения биологических систем разного уровня сложности от молекулярного до экосистемного.

Основная задача синтетической биологии – проектирование и дизайн заданных биологических функций и устойчивых биологических систем, в том числе и не имеющих аналогов в природе, для практического применения. В перспективе это направление позволяет получение биотоплива из водорослей, бактериального электричества, диагностических препаратов, синтетических вакцин, бактериофагов и пробиотиков для борьбы с инфекциями, повышения продуктивности и устойчивости культивируемых растений и животных и др.

Приобретение междисциплинарных компетенций в области синтетической биологии специалистами разных естественно-научных, инженерных и IT-специализаций является актуальной задачей подготовки кадров для развития новейших научных направлений.

Предлагаемая программа повышения квалификации «Синтетическая биология», разработанная совместно ведущими специалистами Образовательного центра «Сириус» и Сибирского федерального университета, обеспечивает структурированный подход к изучению биологических принципов и теоретических основ синтетической биологии и открывает возможности приобретения междисциплинарных компетенций в области синтетической биологии специалистами разных естественно-научных, инженерных и IT-специализаций.

Программа повышения квалификации «Синтетическая биология» адресована широкому кругу представителей профессионального и научно-образовательного сообщества, в том числе научно-педагогическим работникам, обучающимся, в т.ч. магистрантам, аспирантам, молодым ученым образовательных организаций высшего образования и научно-образовательных центров и др. организаций.

Программа разработана в рамках подготовки перспективной сетевой магистерской программы совместно с Университетом «Сириус».

Программа структурирована по разделам и включает контактную работу с преподавателем в режиме лекционных и практических занятий. В программе рассматриваются следующие разделы:

1. Введение в синтетическую биологию.
2. Математическое моделирование в различных компьютерных системах.
3. Основы математического моделирования в BioUML.
4. Базы данных в системной биологии.

5. Потокное моделирование метаболических путей (миниатюризация систем, бумажные биосенсоры и носимые сенсоры).
6. Динамическое моделирование внутриклеточных процессов.
7. Визуализация и компьютерное моделирование биомолекул, метод молекулярной динамики.
8. Применение синтетической биологии.
9. Актуальные проблемы и перспективные направления развития исследований и технологий в области синтетической биологии.
10. Инновации и коммерциализация исследований в области синтетической биологии.
11. Принципы биоэтики и нормы биобезопасности в области синтетической биологии.

Обучение проходит в очно-заочной форме (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

1.2. Цель программы

Цель программы повышения квалификации — совершенствование и/или получение новых междисциплинарных компетенций в области синтетической биологии, необходимых для повышения профессионального уровня специалистов в рамках имеющейся квалификации.

1.3. Компетенции (трудовые функции) в соответствии с Профессиональным стандартом (формирование новых или совершенствование имеющихся)

Программа разработана с учетом следующих профессиональных стандартов:

01.008 «Руководитель научной организации» (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 марта 2021 г. № 117н):

Трудовые функции:

- А/02.8 Управление научной (научно-исследовательской), научно-технической, инновационной и экспертно-аналитической деятельностью научной организации.

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 марта 2014 года № 121н):

Трудовые функции:

- D/01.7 Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок.
- D/04.7 Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

1.4. Планируемые результаты обучения

В результате успешного освоения программы «Синтетическая биология» слушатели будут способны:

РО1. Объяснять ключевые концепции и методы междисциплинарных исследований, лежащие в основе системной и синтетической биологии.

РО2. Сочетать итеративные принципы инженерного цикла, методы математического и компьютерного моделирования с существующими методами синтетической биологии путем их интеграции для дизайна компонентов и систем с заданными биологическими функциями.

РО3. Оценивать потребность и потенциал коммерциализации конструируемых синтетических систем.

РО4. Знать основы метода классической молекулярной динамики и методов визуализации молекулярных моделей, применять данные подходы для анализа структуры и функций белков.

РО5. Прогнозировать этические, экологические, правовые и социальные последствия исследований в области синтетической биологии.

1.5. Категория слушателей

Программа повышения квалификации «Синтетическая биология» адресована широкому кругу представителей профессионального и научно-образовательного сообщества, в том числе научно-педагогическим работникам, обучающимся, в т.ч. магистрантам, аспирантам, молодым ученым образовательных организаций высшего образования и научно-образовательных центров и др. организаций.

1.6. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение

Предлагаемая программа повышения квалификации «Синтетическая биология», обеспечивает структурированный подход к изучению биологических принципов и теоретических основ синтетической биологии и открывает возможности приобретения междисциплинарных компетенций в области синтетической биологии специалистами разных естественно-научных, инженерных и IT-специализаций на базе знаний в области биофизики, биохимии, биотехнологии и биоинформатики.

1.7. Продолжительность обучения: 72 часа.

1.8. Форма обучения: очно-заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

1.9. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)

Учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, проектором или интерактивной доской. Компьютер с выходом в Интернет.

Программное обеспечение (обновленное до последней версии): браузер, текстовый редактор.

Открытое ПО:

- Программный пакет для визуализации, анимации и анализа биомолекулярных систем VMD (Visual Molecular Dynamics) — <https://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/>.

- Программный пакет для визуализации биомолекул Swiss-PdbViewer — https://spdbv.unil.ch/main_tut.html.

1.10. Особенности (принципы) построения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Особенности построения программы повышения квалификации «Синтетическая биология»:

- модульная структура программы;
- в основу проектирования программы положен компетентностный подход;
- выполнение комплексных (сквозных) учебных заданий, требующих практического применения знаний и умений, полученных в ходе изучения логически связанных дисциплин (модулей);
- использование информационных и коммуникационных технологий, в том числе современных систем технологической поддержки процесса обучения, обеспечивающих комфортные условия для обучающихся, преподавателей;
- применение электронных образовательных ресурсов.

В поддержку дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки разработан электронный курс в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru/>).

1.11. Документ об образовании: удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
1.	Введение в синтетическую биологию	2	2	–		PO1
1.1	Термины, типы моделей, подходы и принципы в системной биологии	1	1	–	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/	PO1
1.2	Различия и специфика подходов к моделированию: снизу-вверх (bottom-up) и сверху-вниз (top-down). Основные этапы в реконструкции и анализе моделей живых систем	1	1	–	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/	PO1
2.	Математическое моделирование в различных компьютерных системах	4	4	–		PO1, PO2
2.1	Сходства и различия метаболических путей и генных сетей. Основные понятия языков SBML, SBGN и их связь с элементами математической модели	2	2	–	–	PO1, PO2
2.2	Возможности компьютерных систем для моделирования динамики генных сетей и метаболических путей (BioUML, COBRA, COPASI, Cytoscape, CellDesigner и др.)	1	1	–	–	PO1, PO2
2.3	Форматы представления структуры генных сетей и математических моделей молекулярно-генетических систем. Соответствие между SBML и SBGN	1	1	–	–	PO1, PO2
3.	Основы математического моделирования в BioUML	10	6	4		PO1, PO2
3.1	Визуальное и текстовое представление моделей в BioUML. Модульный подход моделирования молекулярно-генетических систем в BioUML	6	6	–	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/	PO2

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
3.2	Численный расчет моделей в BioUML и ручная адаптация моделей к экспериментальным данным	4	–	4	–	PO2
4.	Базы данных в системной биологии	2	2	–		PO2
4.1	Описание работы с наиболее популярными базами данных, необходимыми для работы при рекон-струкции различных моделей	1	1	–	–	PO2
4.2	Основы поиска информации о секвенированных геномах. Основы поиска генов и их ручной функциональной аннотации с использованием веб-ресурса BLAST. Ос-новы поиска белковых последовательностей и белковых структур, а также сравнение их доменной структуры с использованием веб-ресурса InterProScan	1	1	–	–	PO2
5.	Потоковое моделирование метаболических путей (миниатюризация систем, бумажные биосенсоры и носимые сенсоры)	14	6	8		PO2, PO3
5.1	Основные принципы потокового моделирования. Определение понятий стехиометрии ферментативных реакций, стационарного состояния системы, скорости роста, биомассы бактериальной культуры.	7	3	4	–	PO2,PO3
5.2	Пример потоковой модели метаболизма метанотрофных организмов. Интеграция омиксных данных в потоковые модели	7	3	4	–	PO3
6	Динамическое моделирование внутриклеточных процессов	8	6	2		PO3
6.1	Специфика и особенности обобщенного химико-кинетического метода моделирования	4	3	1	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/	PO3

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
6.2	Вывод уравнений, описывающих процессы негативной и позитивной регуляции промоторов. Определение понятий кооперативности и бистабильности	4	3	1	–	PO3
7	Визуализация и компьютерное моделирование биомолекул, метод молекулярной динамики.	12	8	4		PO4
7.1	Введение в пакет визуализации VMD. Анализ структурных доменов белка и активного центра.	6	4	2	–	PO4
7.2	Метод молекулярной динамики. Анализ результатов моделирования белка в воде.	6	4	2	–	PO4
8	Применение синтетической биологии	8	4	4		PO1–PO3
9	Актуальные проблемы и перспективные направления развития исследований и технологий в области синтетической биологии	4	2	2		PO1–PO3
10	Инновации и коммерциализация исследований в области синтетической биологии	4	2	2		PO3
11	Принципы биоэтики и нормы биобезопасности в области синтетической биологии	2	1	1		PO5
	Итоговая аттестация	2	–	2		PO1–PO5
	ИТОГО	54	30	24		

2.2. План учебной деятельности

Результаты обучения	Учебные действия/ формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/технологии
PO1. Объяснять ключевые концепции и методы междисциплинарных исследований, лежащие в основе системной и синтетической биологии	Построение простых визуальных моделей в BioUML: положительная и отрицательная обратная связи; ферментативная и транспортные реакции. Настройки значений параметров и начальных значений переменных, методов численного анализа моделей. Выполнение задания по материалам темы	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/ . Интерактивная лекция, презентация, учебная дискуссия
PO2. Сочетать итеративные принципы инженерного цикла, методы математического и компьютерного моделирования с существующими методами синтетической биологии путем их интеграции для дизайна компонентов и систем с заданными биологическими функциями	Изучение материала по темам: «Методы автоматической реконструкции потоковой модели», «Реконструкция автоматической потоковой модели с использованием веб-сервиса Kbase». Изучение алгоритма Gap-filling. Основы анализа баланса потоков (FBA) для расчёта моделей при различных условиях среды. Методы сравнения результатов анализа баланса потоков для разных условий. Основы модификации модели, редактирование реакций, метаболитов, генов. Добавление и удаление их из реакций, изменение границ для реакций. Основы генетической модификации моделей на примере нокаутов генов с использованием библиотек Mewru и Cobrapy. Визуализация реконструированной модели и реконструкция метаболической карты с использованием библиотеки Escherpy. Оптимизация модели для биотехнологических задач по увеличению продукции целевого продукта с использованием библиотеки Mewru. Выполнение задания по материалам темы	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/ . Интерактивная лекция, презентация, учебная дискуссия
PO3. Оценивать потребность и потенциал коммерциализации конструируемых синтетических систем	Построение и анализ динамических моделей в BioUML: основные динамические свойства молекулярно-генетических систем на классических примерах: молекулярный триггер, репресселятор, осциллятор Гудвина. Выполнение задания по материалам темы	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/ . Интерактивная лекция, презентация, учебная дискуссия

Результаты обучения	Учебные действия/ формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/технологии
РО4. Знать основы метода классической молекулярной динамики и методов визуализации молекулярных моделей, применять данные подходы для анализа структуры и функций белков	Визуализация и анализ структуры белка с помощью специализированных программных пакетов. Оценка структурно-динамических характеристик белка на основании траектории молекулярной динамики: среднеквадратичное отклонение, флуктуации, радиус гирации, поверхность, доступная молекулам растворителя, диаграмма Рамачандрана. Выполнение задания по материалам темы	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/ . Интерактивная лекция, презентация, учебная дискуссия
РО5. Прогнозировать этические, экологические, правовые и социальные последствия исследований в области синтетической биологии	Изучение материала по теме: «Этические, экологические, правовые и социальные последствия исследований в области синтетической биологии». Выполнение задания по материалам темы	Сервис видеоконференций Zoom: https://zoom.us/ . Интерактивная лекция, презентация, учебная дискуссия

2.3. Виды и содержание самостоятельной работы

В процессе освоения программы слушателям предстоит выполнить следующие виды самостоятельной работы (таблица 1).

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы

Наименование работы	Объем, часов
Изучение учебной, научной и справочной литературы, подготовка к итоговой аттестации. Выполнение домашнего задания 1.	4
Изучение учебной, научной и справочной литературы, подготовка к итоговой аттестации. Выполнение домашних заданий 2-4.	12
Изучение учебной, научной и справочной литературы, подготовка к итоговой аттестации. Выполнение домашнего задания 5.	4
Всего:	20

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы в корпоративной сети СФУ и сети Интернет

1. Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки. – 1987.
2. Дж. Марри. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии: Лекции о моделях // Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. – Л., 1983. – 196 с.
3. Корниш-Боуден Э. Основы ферментативной кинетики // Пер. Курганова БИ. – 1979.
4. Лихошвай В.А., Акбердин И.Р. Математическое моделирование динамики генных сетей: Учеб. пособие. – Новосибирск, 2010.
5. Лихошвай В.А., Голубятников В.П., Демиденко Г.В., Евдокимов А.А., Матвеева И.И., Фадеев С.И. Теория генных сетей. В «Системная компьютерная биология» (Отв. ред. Н.А.Колчанов, С.С. Гончаров, В.А. Лихошвай и В.А. Иванисенко). – Н: Изд. СО РАН, 2008. – С. 397–480.
6. Лихошвай В.А., Ратушный А.В., Бажан С.И., Недосекина-Ощепкова Е.А., Фадеев С.И., Хлебодарова Т.М., Колчанов В.А. Методы моделирования динамики молекулярно-генетических систем. В: «Системная компьютерная биология» (Отв. ред. Н.А. Колчанов, С.С. Гончаров, В.А. Лихошвай и В.А. Иванисенко) // Н: Изд. СО РАН. – 2008а. – С. 333–393.
7. Обзор рынка биотехнологии в России и в мире. Барьеры и перспективы развития. Сентябрь 2019 [Электронный ресурс]. – URL: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2019/09/Orlova-N-V.pdf>.
8. Ратнер В. А. Генетические управляющие системы: под общей ред. А.А. Ляпунова. – Наука, 1966. – Т. 3.
9. Ратнер В.А. Молекулярно-генетические системы управления. – 1975.
10. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика, 2002. – Т. 232.
11. A National Synthetic Biology Roadmap, CSIRO, August 2021 [Электронный ресурс]. – URL: csiro.au/-/media/Services/Futures/Synthetic-Biology-Roadmap.pdf.
12. Alon U. An introduction to systems biology: design principles of biological circuits. – CRC press, 2006.
13. Bower J.M., Bolouri H. Computational modeling of genetic and biochemical networks. – MIT press, 2001.
14. Demin O., Goryanin I. Kinetic modelling in systems biology. – CRC Press, 2008.
15. Frost & Sullivan, Global Synthetic Biology Industry Outlook — Futuretech TechVisionOpportunity Engine. TechVision Group of Frost & Sullivan. TechVision Opportunity Engines / D835 / 30. Published: 2018-10-26.
16. Kitano H. et al. (ed.). Foundations of systems biology. – Cambridge: MIT press, 2001. – С. 1–36.
17. Klipp E. et al. Systems biology in practice: concepts, implementation and application. – John Wiley & Sons, 2008.

18. Kolpakov F.A. et al. BioUML—towards a universal research platform // NAR. – 2022. – Т. 50. – №. W1. – С. W124–W131.

Дополнительная литература

1. Биотехнология и генная инженерия растений: учебное пособие по направлению 020200 «Биология» и биологическим специальностям / Р.А. Карначук, Е.С. Гвоздева [и др.]; Томский университет [ТГУ]. – 2006.

2. Генная инженерия промышленно важных продуцентов и целевых продуктов: учеб.-метод. пособие для семинар. занятий [для студентов программы подг. «Микробиология и биотехнология»] / Сиб. федерал. ун-т; сост. И.Л. Милютин. – 2011.

3. Добжанский Ф. Генетика и происхождение видов: перевод с английского / Феодосий Добжанский; пер. Е.Ю. Гупало; науч. ред. И.А. Захаров-Гезехус. – 2010.

4. Лима-де-Фариа А. Похвала «глупости» хромосомы. Исповедь непокорной молекулы: [монография] / А. Лима-де-Фариа; пер. с англ. А.А. Быстрицкий; под ред. С.В. Разин. – 2011.

5. Молекулярная биология клетки: с задачами Д. Уилсона и Т. Ханта: перевод с английского / Б. Альбертс [и др.]. / под ред.: Е.Н. Богачева, И.Н. Шатский. – 2013.

6. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред.: Вл.В. Кузнецов, В.В. Кузнецов, Г.А. Романов. – 2012.

7. Попов В.В. Геномика с молекулярно-генетическими основами / В.В. Попов. – 2014.

8. Разин С.В. Хроматин: упакованный геном: [монография] / С.В. Разин, А.А. Быстрицкий. – 2009.

9. Спирин А.С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка: учебник для студ. вузов по напр. «Биология» и биологическим специальностям / А.С. Спирин. – 2013.

10. Introduction to Molecular Dynamics Simulation, M.P. Allen, Computational Soft Matter, NIC Series, 23, 1-28 (2004) [Van Gunsteren W.F. et al. Biomolecular modeling: goals, problems, perspectives // Angewandte Chemie International Edition. – 2006. – Vol. 45. – №. 25. – P. 4064-4092.](#)

3.2. Программное обеспечение (информационные обучающие системы, системы вебинаров, сетевые ресурсы хостинга видео, изображений, файлов, презентаций и др.)

1. Сервис видеотелефонии Zoom [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://explore.zoom.us/ru/products/meetings/>.

2. National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncbi.nlm.nih.gov.

3. Белковый Банк Данных — Protein Data Bank [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rcsb.org.

4. Библиотечный фонд Научная библиотеки СФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru>.
5. Интернет-портал Asia-Pacific Biotech [Электронный ресурс]. URL: asiabiotech.com
6. Компьютерная платформа BioUML для математического моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ict.biouml.org/>.
7. Официальный портал CB Insight [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cbinsights.com/>.
8. Программный пакет для визуализации биомолекул Swiss-PdbViewer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spdbv.unil.ch/main_tut.html.
9. Программный пакет для визуализации, анимации и анализа биомолекулярных систем VMD (Visual Molecular Dynamics) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/>.
10. Российская научная электронная библиотека, интегрированная с Российским индексом научного цитирования eLibrary.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Программа предусматривает проведение текущей и итоговой аттестации. Текущая аттестация слушателей проводится на основе оценки активности и участия в дискуссиях в ходе лекций, семинаров/вебинаров, а также качества выполнения заданий по соответствующим темам модулей.

В рамках промежуточных контрольных мероприятий по итогам изучения каждого модуля курса осуществляется обсуждение выполнения практических заданий и самостоятельного изучения материалов, а также дискуссия с обучающимися для формирования четкого представления и системного понимания принципов и методологии синтетической биологии.

Методические материалы, необходимые для выполнения текущих заданий, представлены в настоящей программе в списке литературы, профессиональных БД и программных средств. К каждой теме для каждого задания в презентационных материалах обучающие получают сформулированные в эпистолярном жанре задания и пошаговые инструкции их выполнения. Кроме того, на семинарских занятиях выполнения заданий по соответствующим элементам заданий выполняется под руководством преподавателя.

Итоговой аттестационной работой является выполнение индивидуального и/или группового проекта по выбранной слушателями теме и согласованной с преподавателями курса.

В рамках промежуточных контрольных мероприятий по итогам изучения каждой темы программы осуществляется обсуждение внедрения методов синтетической биологии в существующие разработки студентов.

4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

Итоговая аттестация предполагает разработку слушателем индивидуальной и/или групповой аттестационной работы – итогового проекта по одной из следующих тем: «Применение синтетической биологии» или «Актуальные проблемы и перспективные направления развития исследований и технологий в области синтетической биологии», представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа основных принципов и направлений развития в области синтетической биологии и ее перспективного применения в определенной научной и/или производственной сферах деятельности, где слушатель раскрывает суть и актуальность исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее, обозначает дальнейшие тренды развития.

Итоговый проект оформляется в виде текстового документа со следующей структурой:

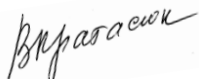
- **титульный лист;**
- **оглавление;**
- **основной текст;**
- **заключение;**

– СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

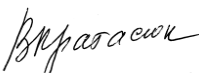
Работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями оформления текстовых документов, объемом не менее 20 машинописных страниц, должен сопровождаться библиографическим списком, который составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Проект должен быть размещен в электронном курсе.

На основании представленного проекта оценивается, прежде всего, способность самостоятельно приобретать знания, в т.ч. с помощью информационных технологий, а также анализировать и экстраполировать основы и методологию синтетической биологии на области профессиональной деятельности обучающихся.

Программу составили:

Заведующий кафедрой биофизики ИФБиТ СФУ, профессор, доктор биол. наук		В.А. Кратасюк
Старший научный сотрудник НЦ ИТ и ИИ, направление «Вычислительная биология», Университет Сириус, канд. биол. наук		И.Г. Акбердин
Зам. директора ИФБиТ СФУ, доцент, канд. биол. наук		И.Е. Суковатая
Старший преподаватель кафедры биофизики ИФБиТ СФУ		А.А. Деева

Руководитель программы:

Заведующий кафедрой биофизики ИФБиТ СФУ, профессор, доктор биол. наук		В.А. Кратасюк
--	---	---------------