

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный №УД- 13951/уч.



НЕОРГАНИЧЕСКИЕ БИОМАТЕРИАЛЫ

Учебная программа учреждения образования по дисциплине специализации для
специальности:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021 и учебного плана №G31-1-231/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Л.Ю.Садовская, доцент кафедры неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

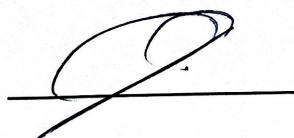
А.И.Кулак, директор Института общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

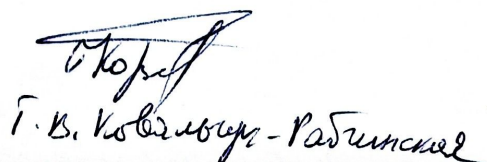
Кафедрой неорганической химии БГУ
(протокол № 10 от 06.06.2025);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



Д.В.Свиридов



Г.В.Ковзарев-Рабитский

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – создать у студентов целостную систему знаний о разнообразии биоматериалов, методологии их синтеза и анализа применяемых в медицине неорганических биоматериалов.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомить студентов с классификацией широко используемых биоматериалов и разнообразием материалов, применяющихся в медицине;
- систематизировать методологические подходы синтеза и методы анализа неорганических биоматериалов;
- сформировать у студентов знания и умения в сфере современных целей и задач биомедицинского материаловедения,
- показать перспективы и тенденции развития данной области.

Дисциплина структурно разделена на 9 разделов, которые отражают его внутреннюю логику и включают отдельные темы, отражающие информацию по наиболее значимым направлениям развития современного биоматериаловедения.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к дисциплинам специализации компонента учреждения высшего образования.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Неорганические биоматериалы» должно обеспечить формирование у студентов следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Применять химические и физико-химические методы анализа для решения производственных и экспертных задач в области идентификации и определения основных компонентов в объектах природного и синтетического происхождения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- научные основы биоматериаловедения;
- современные направления производства, разработки и усовершенствования новых неорганических биоматериалов;
- понятия биосовместимости и методов определения биологической безопасности материалов медицинского назначения;
- принципы и подходы к разработке новых биоматериалов

уметь:

- использовать знания новейших разделов биоматериаловедения при изучении специальных дисциплин;
- ориентироваться в современных направлениях и тенденциях биомедицинского материаловедения.

владеть:

– методическими подходами для синтеза и анализа биомедицинских материалов на основе соединений неорганической природы.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Неорганические биоматериалы» отведено для очной формы получения высшего образования: 94 часа, в том числе 44 аудиторных часа, из них: лекции – 22 часа, семинарские занятия – 8 часов + 8 часов ДОТ, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Место и роль неорганических биоматериалов в медицинском материаловедении. История эволюции биоматериалов. Основные термины и понятия. Биоматериалы первого, второго, третьего и четвертого поколения. Общие представления о биосовместимости и других требованиях, предъявляемых к материалам для эндопротезирования. Классификация биоматериалов по отношению к живой ткани (биоинертная, пористая, биоактивная, биорезорбируемая). Влияние биосреды на материал. Требования к биоматериалам.

Тема 1. Классификация биоматериалов

Содержание понятия «биоматериалы». Актуальность и потребности в новых биоматериалах. Разнообразие и способы классификации биоматериалов.

Характеристика основных групп биоматериалов. Тенденции развития современного материаловедения. Важнейшие проблемы науки о материалах на ближайшее и более отдаленное будущее. Типы материалов (по составу, структуре, свойствам и областям применения, многофункциональные материалы). Классификация биоматериалов по степени пористости. Особенности технологии биоматериалов. Производство биоматериалов: проблемы и перспективы. Принципы конструирования новых материалов. Синтетические и природные полимеры. Минералы. Клеевые композиции.

Полимеры в медицине.

Тема 2. Использование металлов и сплавов для эндопротезирования

Методы производства и классификация сплавов. Коррозия металлов и ее влияние на функционирование имплантов. Токсикологические свойства металлов. Сталь. Кобальтовые и железистые сплавы для тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, их достоинства и недостатки. Область применения титана в медицине и его свойства. Сплавы на основе титана, методы повышения их прочности и снижения модуля упругости. Никелид титана – сверхупругий материал с памятью формы. Применение циркония и его сплавов в эндопротезировании. Использование тантала и ниобия в биоматериалах. Применение наночастиц металлов в медицине

Тема 3. Углеродные материалы

Аллотропные модификации углерода. Классификация углеродных материалов. Биосовместимые материалы на основе углерода, примеры практического использования. Пористые углеродные материалы и способы их синтеза. Получение и медицинское использование композитных углеродных материалов. Углеродные волокна. Углеродные нанотрубки и фуллерены как новый класс материалов для биомедицинских целей.

Тема 4. Наноматериалы и нанотехнологии в медицинском материаловедении

Нанотехнология, нанообъект, наноматериалы. Направления развития и области приложения нанотехнологий в медицине. Наноматериалы. Наночастицы. Нанокapsулы. Наносенсоры и анализаторы. Медицинское

применение сканирующих зондовых микроскопов. Наноманипуляторы. Примеры использования наноматериалов в эндопротезировании. Основные методы получения нанокристаллических материалов: порошковая технология, контролируемая кристаллизация из аморфного состояния, интенсивная пластическая деформация. Синтез и свойства нанокompозитов. Особенности структуры и физико-химических свойств наноматериалов. Импланты с нанотекстурированной поверхностью. Бактерецидная модификация импланта с помощью нанотехнологий. Биокompозитные материалы на основе наноструктурного титана и кальций-фосфатного покрытия. Токсичность наноматериалов.

Тема 5. Бионертная керамика на основе оксидов алюминия и циркония

Понятие «керамика», соединения, на основе которых может быть получена керамика. Достоинства и недостатки керамики как биоматериала. Виды керамики, используемые в медицине. От чего зависят физические свойства керамики? Чем обусловлена перспективность керамики для медицинского применения. Бионертная корундовая керамика, ее разновидности. Методы и добавки, применяемые в производстве корундовой керамики. Получение ультра- и нанодисперсных порошков Al_2O_3 и оксида циркония. Применение корундовой керамики в медицине. Преимущества циркониевой керамики в сравнении с корундовой. Свойства диоксида циркония, затрудняющие его производство. Как осуществляют стабилизацию диоксида циркония и в чем она заключается с кристаллохимической точки зрения. Особенности изготовлений изделий из ZrO_2 .

Понятие «композиционные материалы». Классификация композитов по виду и типу армирующего наполнителя. Наиболее перспективные группы композитных материалов. Недостатки композитных материалов.

Тема 6. Биостекло и стеклокерамика

Аморфные вещества. Виды стекла и стекловидных материалов. Компоненты стекла, стеклообразующие неорганические вещества. Классы стекол. Методы получения биостекла по: стекольной технологии, керамической (порошковой) технологии, химическим способом. Физические свойства стекла. Химическая устойчивость стекла. Биоактивные стекла, механизм образования связи с костью. Важные медико-биологические свойства биоактивного стекла. Понятие «ситаллы», свойства ситаллов. Композитные материалы с биостеклом.

Тема 7. Биосовместимая керамика на основе фосфатов кальция

Состав, структура и свойства основных биологически значимых фосфатов кальция. Стратегия повышения резорбируемости фосфатных биоматериалов. Основные направления биомедицинского применения наноразмерных и нанокристаллических ортофосфатов кальция. Недостатки кальций-фосфатных керамик и способы их преодоления. Области применения кальций-фосфатов в медицине. Методы синтеза трикальцийфосфатов. Методы синтеза гидроксиапатита: жидкофазные, гетерофазные, гидротермальные. Керамика на основе фосфатов кальция. Основные методы изготовления биоматериалов на

основе фосфатов кальция. Плотная керамика на основе гидроксиапатита. Пористая керамика на основе гидроксиапатита. Гранулированный гидроксиапатит. Композиционные материалы на основе гидроксиапатита. Биокompозиты гидроксиапатит / полимер. Биокompозиты на основе гидроксиапатита и биоорганических составляющих. Композиты на основе нанокристаллического гидроксиапатита с неорганическими составляющими. Композиционные кальцийфосфатные цементы. Покрытия на основе гидроксиапатита и способы их нанесения.

Тема 8. Методы исследования биоматериалов и медицинских изделий

Методы оценки физико-химических и механических свойств биоматериалов. Основные методы для характеристики поверхности эндопротезов. Подходы к оценке функциональных свойств материалов медицинского назначения.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов	Лекции	Практические Занятия	Семинарские занятия	Лабораторные Занятия	Иное	Количество часов УСР	Форма контроля знаний
			3	4	5	6	7		
1		2							9
	Введение	2			2				
1	Классификация биоматериалов. Полимеры в медицине.	4		2					Устный опрос
2	Использование металлов и сплавов в эндопротезировании	2		(ДОТ) 2				2	Контрольная работа
3	Углеродные материалы	2							Тест
4	Наноматериалы и нанотехнологии в медицинском материаловедении	4			2				Обучение конкретным практическим примеров
5	Биоинертная керамика на основе оксидов алюминия и циркония	2			2				Устный опрос
6	Биостекло и стеклокерамика	2			(ДОТ) 2			2	Контрольная работа
7	Биосовместимая керамика на основе фосфатов кальция	2			(ДОТ) 2				Реферативная работа
8	Методы исследования биоматериалов и медицинских изделий.	2			(ДОТ) 2			2	Контрольная работа
	Итого	22			16 (ДОТ) 2			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Основы стоматологического материаловедения : учебное пособие / В. И. Шемонаев, В. А. Клёмин, Т. Б. Тимачева [и др.]. — Волгоград : ВолГМУ, 2023. — 256 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/418934>
2. Сошина, Т. О. Новые материалы и технологии / Т. О. Сошина, В. Н. Трофимов. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 196 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/356036>
3. Попова, А. А. Детонационное напыление биосовместимых покрытий на основе порошковых механокомпозигов : учебное пособие для вузов / А. А. Попова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 92 с. — ISBN 978-5-8114-7070-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174976>
4. Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебник для вузов / Г. И. Джардималиева, К. А. Кыдралиева, А. В. Метелица, И. Е. Уфлянд. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-7884-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166935>

Дополнительная литература

1. Кулик, В. И. Технологии композиционных материалов с углеродной матрицей : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 79 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/220331>
2. Наноструктурированная керамика на основе диоксида титана для ортопедического этапа лечения пациентов с переломами и приобретенными дефектами челюстных костей : монография / О. А. Шулятникова, Г. И. Рогожников, В. А. Четвертных [и др.]. — Пермь : ПНИПУ, 2020. — 207 с. — ISBN 978-5-398-02265-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/239762>.
3. Тирская, О. И. Реставрационные материалы и адгезивные системы : учебное пособие / О. И. Тирская, Е. М. Казанкова, С. Ю. Бывальцева. — Иркутск : ИГМУ, 2024. — 70 с. — ISBN 978-5-6051606-5-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/420104>
4. Биоактивные имплантаты при лечении псевдоартрозов и дефектов длинных трубчатых костей : монография / А. В. Попков, Д. А. Попков, Н. А. Кононович [и др.]; под редакцией А. В. Попкова. — Томск : ТПУ, 2021. — 312

с. — ISBN 978-5-4387-0977-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/246233>

5. Биосовместимые материалы: Учебное пособие / Под ред. В.И. Севастьянова, М.П. Кирпичникова. –М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2011. -544с.

6. Биоматериалы в сердечно-сосудистой хирургии : монография / Л. А. Бокерия, И. И. Каграманов, И. В. Кокшенев, Д. В. Бритиков. — Москва : НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева, 2009. — 326 с.

7. Кучумов, А. Г. Биоматериалы в стоматологии : учебное пособие / А. Г. Кучумов. — Пермь : ПНИПУ, 2017. — 60 с.

8. Проскунов, И. В. Основы химии биогенных элементов / И. В. Проскунов, Т. В. Астракова, Н. В. Хитова. — Кемерово : КеМГУ, 2013. — 130 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Изучение и обсуждение конкретных примеров по темам «Классификация биоматериалов. Полимеры в медицине», «Углеродные материалы».

Устный опрос по темам «Классификация биоматериалов. Полимеры в медицине», «Углеродные материалы», «Наноматериалы и нанотехнологии в медицинском материаловедении», «Биоинертная керамика на основе оксидов алюминия и циркония», «Биосовместимая керамика на основе фосфатов кальция».

Контрольная работа по темам «Использование металлов и сплавов в эндопротезировании», «Биостекло и стеклокерамика», «Методы исследования биоматериалов и медицинских изделий».

Проведение теста по теме «Углеродные материалы».

При оценке индивидуальных ответов на семинарских занятиях учитывается полнота, логичность, грамотность и стиль изложения.

При проведении обсуждения конкретных практических примеров учитывается уровень владения студентом материала, умение вести научный диалог, наличие грамотной аргументации.

При оценивании решения контрольных задач обращается внимание на полноту знания нового материала по заданной теме, структуру и последовательность изложения, аргументированность ответов, уровень самостоятельного мышления, умение увязывать теоретические положения с реальными условиями задачи.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине «Неорганические биоматериалы» учебным планом предусмотрен зачет.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- выполнение контрольных работ – 50 %;
- устный опрос на семинарских занятиях – 30 %,
- реферат, доклад – 20 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) – 30 %, и отметки на зачете – 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Использование металлов и сплавов для эндопротезирования (2 часа)

Задание 1. Рассмотреть способы получения сплавов, их классификацию, классификацию сталей.

Задание 2. Оценить, чем обусловлены перспективы применения металлов в медицине, что ограничивает их применение.

Задание 3. Рассмотреть в чем состоят недостатки металлов и сплавов при их медицинском использовании.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 6. Биостекло и стеклокерамика (2 часа)

Задание 1. Охарактеризуйте структуру и свойства материалов на основе биостекла и стеклокерамики.

Задание 2. Изобразите структуру гидроксиапатита.

Задание 3. Приведите примеры стеклообразующих оксидов и модификаторов стекол

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 8. Методы исследования биоматериалов и медицинских изделий (2 часа)

Задание 1. Приведите примеры спектральных методов анализа биоматериалов.

Задание 2. Сравните возможности ЯМР и ЭПР методов исследования биоматериалов.

Задание 3. Рассмотрите принципиальные возможности использования методов рентгеноструктурного анализа.

(Форма контроля – контрольная работа)

Примерная тематика реферативных работ

1. Методы синтеза пористых бионеорганических материалов.
2. Биоматериалы в стоматологии.
3. Углеродные наноматериалы – перспективы использования в медицине.
4. Анализ существующих технологий нанесения покрытий на изделия медицинского назначения, виды покрытий.
5. Методы анализа бионеорганических материалов. Оценка функциональных свойств медицинских материалов.
6. Неуглеродные композитные материалы, применяемые в медицине. (группы, для каких целей созданы, биокompозитные материалы).
7. Нанобиотехнология и бионанотехнология. Перспективы создания «интеллектуальных материалов».
8. Современное состояние производства имплантов.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для выявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

1. Разработка и составление групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению;
2. Использование современных информационных технологий: размещение на платформе educhem комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа учебной дисциплины, задания в тестовой форме, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Классификация биоматериалов.
2. Биоматериал первого поколения.
3. Биоматериал второго поколения.
4. Биоматериал третьего поколения.
5. Биоматериал четвертого поколения.
6. Биологическая модификация поверхности.
7. Требования к биоматериалам.
8. Влияние биосреды на материалы.
9. Виды коррозии металлов
10. Влияние коррозии на функционирование имплантатов.
11. Токсикологические свойства металлов.
12. Классификация биоматериалов по степени пористости.
13. Углеродные материалы.
14. Металлы и сплавы для эндопротезирования.
15. Классификация сплавов.
16. Технология получения сплавов для медицины.
17. Структура и свойства основных металлов, используемых для эндопротезирования
18. Сверхэластичные материалы с памятью формы.
19. Наноматериалы в медицине.
20. Квантовые эффекты в наноматериалах.
21. Технологии получения наноматериалов.
22. Основные типы биоматериалов.
23. Традиционные подходы к получению неорганических биоматериалов.

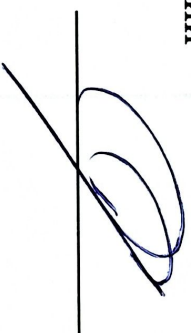
24. Биокерамика

25. Композиционные материалы в медицине.
26. Принципы создания композиционных биоматериалов.
27. Основные области использования композиционных биоматериалов.
28. Состав и марки широко используемых композитов.
29. Композиты на основе биокерамики.
30. Композиты на основе биостекла.
31. Характеристики, преимущества, недостатки.
32. Биостекло. Структура и свойства
33. Основные характеристики и области применения биостекла.
34. Технологии получения биостекла и биокерамики.
35. Структура гидроксиапатита.
36. Свойства гидроксиапатита.
37. Способы синтеза гидроксиапатита.
38. Способы синтеза ортофосфата кальция.
39. Керамика на основе фосфатов кальция.
40. Модификация поверхности имплантов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой неорганической химии
доктор химических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Беларуси



Д.В.Свиридов

6 июня 2025 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
