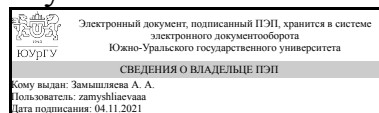


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



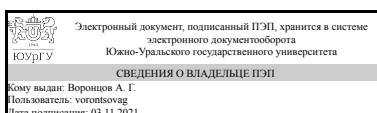
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.03 Материалы функциональной электроники  
для направления 11.04.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Магистратура  
магистерская программа Наноэлектроника: квантовые технологии и материалы  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

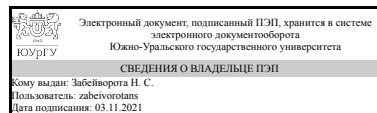
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

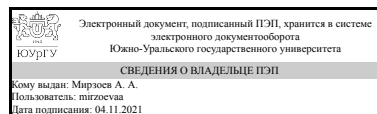
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент (кн)



Н. С. Забейворота

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.физ.-мат.н., снс



А. А. Мирзоев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является усвоение фундаментальных знаний в области материалов функциональной электроники. Задачей дисциплины является получение навыков в применении полученных знаний по индивидуальным свойствам материалов для использования их при проектировании приборов и устройств функциональной электроники.

## Краткое содержание дисциплины

Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Особенности функциональной электроники. Материалы полупроводниковой электроники. Материалы криоэлектроники и вакуумной электроники. Материалы оптоэлектроники, акустоэлектроники и нанофотоники. Материалы диэлектрической электроники и магнитоэлектроники. Материалы хемотроники и молекулярной электроники.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Знает: Характеристики основных классов современных материалов функциональной электроники, различия между ними Умеет: Определять применимость того или иного материала для решения конкретной задачи

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Производственная практика, научно-исследовательская работа (1 семестр)	Производственная практика, преддипломная практика (4 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Производственная практика, научно-исследовательская работа (1 семестр)	Знает: Основные понятия области своих научных интересов Умеет: Критически читать литературные источники по тематике своих научных интересов Имеет практический опыт: Формулирования цели и задач дипломного исследования, написания литературного обзора

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	8	8	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к экзамену	27,5	27,5	
Подготовка к семинарам	24	24	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Особенности функциональной электроники	1	1	0	0
2	Материалы полупроводниковой электроники	5	1	0	4
3	Материалы криоэлектроники и вакуумной электроники	4	0	4	0
4	Материалы акустоэлектроники	8	0	4	4
5	Материалы магнитоэлектроники	10	2	4	4
6	Материалы оптоэлектроники и нанопотоники	4	0	4	0
7	Материалы диэлектрической электроники	10	2	4	4
8	Материалы хемотроники и молекулярной электроники	6	2	4	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Особенности функциональной электроники	1
2	2	Материалы полупроводниковой электроники	1
3	5	Материалы магнитоэлектроники	2
4	7	Материалы диэлектрической электроники	2
5	8	Материалы хемотроники и и молекулярной электроники	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
5	3	Материалы криоэлектроники, вакуумной электроники и их применение	4
6	4	Материалы акустоэлектроники и их применение	4
7	5	Материалы магнитоэлектроники и их применение	4
8	6	Материалы оптоэлектроники, нанофотоники и их применение	4
9	7	Материалы диэлектрической, полупроводниковой электроники и их применение	4
10	8	Материалы хемотроники, молекулярной электроники и их применение	4

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Исследование контактных явлений в полупроводниковых материалах	4
2	4	Исследование прямого и обратного пьезоэффекта	4
3	5	Определение точки Кюри магнитных материалов	4
4	7	Исследование диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь активных диэлектриков	4

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Гладков, В. Е. Вакуумная и плазменная электроника [Текст] учеб. пособие по специальностям "Физ. электроника" и "Электрон. приборы и устройства" В. Е. Гладков, В. М. Березин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология приборостроения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 200, [1] с. ил. электрон. версия.	3	27,5
Подготовка к семинарам	Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1378-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168521">https://e.lanbook.com/book/168521</a> Акустоэлектроника - раздел 2, глава 2.2, стр 82-146. Диэлектрическая электроника - раздел 2, глава 2.3, стр. 147-166. Полупроводниковая электроника - раздел 2, глава 2.4, стр. 167-225. Магнитоэлектроника - раздел 2, глава 2.5, стр. 226-245. Оптоэлектроника - раздел 2,	3	24

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	3	Проме-жуточная аттестация	Экзамен	1	4	Экзамен в форме письменных ответов на вопросы приведенные в билете. Билет содержит 4 вопроса. За вопрос начисляется по 1 баллу. Максимальная оценка 4 балла. Минимальная оценка 0 баллов. 4 балла выставляется студенту, глубоко и прочно усвоившему программный и дополнительный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагающему; в ответе которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент не затрудняется в ответе при видоизменении задания; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, правильно обосновывает принятия решения, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач. 3 балла выставляется студенту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, хорошо владеет необходимыми практическими навыками. 2 балла выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает	экзамен

						неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических навыков. 1 балл выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические навыки. 0 баллов выставляется студенту, который не знает программного материала и у него отсутствуют ответы на вопросы.	
2	3	Текущий контроль	Выступление и сдача конспекта семинара по теме "Материалы криоэлектроники и их применение"	1	3	За содержательное выступление с презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл. За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.	экзамен
3	3	Текущий контроль	Выступление и сдача конспекта по теме семинара "Материалы акустоэлектроники и их применение"	1	3	За содержательное выступление с презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл. За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.	экзамен
4	3	Текущий	Выступление и сдача	1	3	За содержательное выступление с	экзамен

		контроль	конспекта семинара по теме "Материалы магнитоэлектроники и их применение"			<p>презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл.</p> <p>За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.</p>	
5	3	Текущий контроль	Выступление и сдача конспекта семинара по теме "Материалы оптоэлектроники и их применение"	1	3	<p>За содержательное выступление с презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл.</p> <p>За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.</p>	экзамен
6	3	Текущий контроль	Выступление и сдача конспекта семинара по теме "Материалы диэлектрической электроники и их применение"	1	3	<p>За содержательное выступление с презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла.</p> <p>За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл.</p> <p>За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.</p>	экзамен

7	3	Текущий контроль	Выступление и сдача конспекта семинара по теме "Материалы хемотроники и их применение"	1	3	За содержательное выступление с презентацией, отражающее полноту раскрытия темы на семинарском занятии или активное участие в обсуждении многих (более трёх) вопросов семинара, а также сдаче конспекта по теме семинара начисляется 3 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара и участие в обсуждении вопросов начисляется 2 балла. За подготовку и сдачу конспекта по вопросам семинара начисляется 1 балл. За отсутствие конспекта по вопросам семинара и не участие в работе на семинаре начисляется 0 баллов.	экзамен
8	3	Текущий контроль	Сдача отчёта по лабораторной работе : Исследование контактных явлений в полупроводниковых материалах	1	4	При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и полных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 4 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 3 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 2 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками в ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 1 балл. При отсутствии отчета начисляется 0 баллов.	экзамен
9	3	Текущий контроль	Сдача отчёта по лабораторной работе : Исследование прямого и обратного пьезоэффекта	1	4	При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и полных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 4 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 3 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 2 балла. При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками в ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 1 балл. При отсутствии отчета начисляется 0 баллов.	экзамен
10	3	Текущий	Сдача отчёта по	1	4	При сдаче отчета за лабораторную	экзамен



		контроль	лабораторной работе : Определение точки Кюри магнитных материалов			<p>работу без ошибок и полных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 4 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 3 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 2 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками в ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 1 балл.</p> <p>При отсутствии отчета начисляется 0 баллов.</p>	
11	3	Текущий контроль	Сдача отчёта по лабораторной работе : Исследование диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь активных диэлектриков	1	4	<p>При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и полных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 4 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу без ошибок и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 3 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками и неполных ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 2 балла.</p> <p>При сдаче отчета за лабораторную работу с ошибками в ответах на вопросы к лабораторной работе начисляется 1 балл.</p> <p>При отсутствии отчета начисляется 0 баллов.</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится в форме письменного экзамена. Экзаменационные билеты составляются на основе учебной программы. Билет включает 4 теоретических вопроса .</p> <p>Преподаватель напоминает общие рекомендации по подготовке ответов, устному ответу по вопросам билета, а также по ответам на дополнительные вопросы. В аудитории находятся пять студентов. Студенты берут билет, называют его номер и занимают индивидуальные места за столами для подготовки ответов. На подготовку ответа студенту отводится до 60 минут. Студент, подготовившись к ответу, садится за экзаменационный стол.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПК-1	Знает: Характеристики основных классов современных материалов функциональной электроники, различия между ними	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: Определять применимость того или иного материала для решения конкретной задачи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

##### а) основная литература:

1. Павлов, П. В. Физика твердого тела Учеб. для вузов по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2000. - 493,[1] с. ил.

##### б) дополнительная литература:

1. Розеншер, Э. Оптоэлектроника [Текст] Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - М.: Техносфера, 2006. - 588, [1] с. ил.

2. Смирнов, Ю. А. Основы nano- и функциональной электроники [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" и др. направлениям Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2013. - 310 с. ил.

##### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Нано- и микросистемная техника
2. Advanced Electronic Materials

##### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические рекомендации к семинарским занятиям

2. Гладков, В. Е. Вакуумная и плазменная электроника [Текст] учеб. пособие по специальностям "Физ. электроника" и "Электрон. приборы и устройства" В. Е. Гладков, В. М. Березин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология приборостроения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 200, [1] с. ил. электрон. версия  
[http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU\\_METHOD&key=000439452](http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000439452)

3. Учебное пособие - "Материалы электронной техники", авторы : Забейворота Н.С., Подгорнов Ф.В., Винник Д.А.

##### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические рекомендации к семинарским занятиям
2. Гладков, В. Е. Вакуумная и плазменная электроника [Текст] учеб. пособие по специальностям "Физ. электроника" и "Электрон. приборы и устройства" В. Е. Гладков, В. М. Березин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология приборостроения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр

ЮУрГУ, 2010. - 200, [1] с. ил. электрон. версия  
[http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU\\_METHOD&key=000439452](http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000439452)

3. Учебное пособие - "Материалы электронной техники", авторы :  
Забейворота Н.С., Подгорнов Ф.В., Винник Д.А.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Крутогин, Д. Г. Функциональные материалы электроники и их технологии : учебно-методическое пособие / Д. Г. Крутогин. — Москва : МИСИС, 2015. — 98 с. — ISBN 978-5-87623-907-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/116668">https://e.lanbook.com/book/116668</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебно-методическое пособие / В. Н. Давыдов. — Москва : ТУСУР, 2011. — 111 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/10880">https://e.lanbook.com/book/10880</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Успехи нанотехнологий: электроника, материалы, структуры : сборник / под редакцией Дж. Дэвиса, М. Томпсона. — Москва : Техносфера, 2011. — 496 с. — ISBN 978-5-94836-292-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/87742">https://e.lanbook.com/book/87742</a>
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Щука, А. А. Нанозлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-730-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/135510">https://e.lanbook.com/book/135510</a>
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1378-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/168521">https://e.lanbook.com/book/168521</a>
6	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под редакцией Б. Д. Третьякова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 456 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/59578">https://e.lanbook.com/book/59578</a> (дата обращения: 12.10.2021)

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Thr Cambridge Crystallographic Data Centre(бессрочно)

2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Экзамен	305 (16)	Компьютер, проектор.
Лекции	305 (16)	Компьютер, проектор.
Лабораторные занятия	294 (3)	Специализированные стенды, лабораторные стенды.