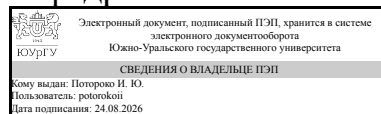


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



И. Ю. Потороко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.06.03 Постферментационные стадии производства
для направления 19.03.01 Биотехнология

уровень Бакалавриат

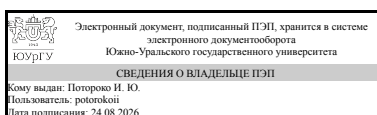
профиль подготовки Системная биотехнология

форма обучения очная

кафедра-разработчик Пищевые и биотехнологии

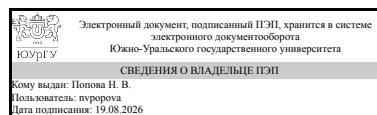
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.08.2021 № 736

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



И. Ю. Потороко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Н. В. Попова

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов системного представления о процессах, следующих за этапом биосинтеза в ферментере, и их роли в создании конечного биопрепарата. Изучение физико-химических основ выделения, концентрирования, очистки и стандартизации целевых продуктов (биомассы, метаболитов, рекомбинантных белков) для получения готовой товарной формы с заданными показателями качества. Задачи: освоение методов удаления и переработки биомассы: центрифугирование, микрофильтрацию и сепарирование; изучение процессов первичного концентрирования целевого компонента из разбавленных растворов: ультрафильтрацию, осаждение и экстракцию; изучение принципов глубокой очистки веществ методами хроматографии и электрофореза и специфики работы с лабильными соединениями (белками, ферментами, вакцинами), включая холодовую цепь и предотвращение денатурации; изучение технологии формирования готовых форм и расчета материальных балансов и технико-экономических показателей эффективности выделения; ознакомление с нормативными требованиями к очистке биологических препаратов (GMP) и специфике разделения при производстве биопластиков.

Краткое содержание дисциплины

Введение. Специфика постферментационных процессов. Первичная переработка культуральной жидкости. Концентрирование растворов. Глубокая очистка и фракционирование (хроматография). Формирование готовых форм и стабилизация.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-7 Способен осуществлять управление качеством процессов и продукции в биотехнологическом производстве	Знает: применяемые в промышленности современные способы выделения продуктов биотехнологии из культуральных жидкостей; основные принципы выбора метода выделения и очистки продуктов биотехнологии; методы сушки продуктов биотехнологии; аппаратное оформление процессов выделения, очистки и сушки; способы выделения важнейших групп продуктов микробиологического синтеза; создание стерильных условий на заключительных этапах производства Умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов ; выбирать метод выделения продукта в зависимости от его строения, химических и физических свойств; использовать перспективные направления в технологиях выделения и очистки с целью оптимизации технологического процесса и улучшения качества продукции Имеет практический опыт: применения

	основных и вспомогательных этапов биопроизводства; принципов составления технологических схем выделения продукта биосинтеза; методов использования количественных и качественных методов анализа продуктов биотехнологий; применения методов выделения и очистки биотехнологических продуктов
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Процессы ферментации и аппаратное сопровождение, Правовое регулирование биотехнологических производств и этические нормы, Практикум биохимических и микробиологических исследований, Подготовительные и вспомогательные стадии производства	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Практикум биохимических и микробиологических исследований	Знает: схему и методы проведения биохимических и микробиологических исследований качества и безопасности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в процессе производства биотехнологической продукции, основные стандарты и технику проведения биохимических исследований; основные методы, используемые в биохимии; основные принципы проведения научного эксперимента; методику проведения исследований; стандарты биологической безопасности работы с микроорганизмами, различные методы микробиологической диагностики ; современные методы диагностики и стандартные операционные процедуры, основные механизмы контроля качества в лабораториях, а также основные принципы защиты баз данных и информации Умеет: проводить биохимические и микробиологические исследования качества и безопасности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в процессе производства биотехнологической продукции, использовать возможности современных биохимических методов в лабораторной диагностике; оценивать значимость методов биохимических исследований; оценивать полученные результаты в биохимии; анализировать полученные

	результаты проведенных исследований; классифицировать микроорганизмы и их патогенность, пользоваться требованиями биологической безопасности при работе с микроорганизмами, уметь подбирать методы диагностики и методы биологической безопасности при работе с микроорганизмами; анализировать эффективность проведенных исследований, выявлять несоответствия результатов поставленным задачам Имеет практический опыт: осуществления биохимических и микробиологических исследований качества и безопасности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в процессе производства биотехнологической продукции, применения методов лабораторной диагностики, методов биологической безопасности, работы с оборудованием (ламинарные шкафы и боксы), методов стерилизации и утилизации, принципами защиты баз данных и информации. Техникou проведения бактериологических и серологических исследований, требованиями при работе с микроорганизмами; современными методами диагностики ПЦР и ИФА, использования современных методов диагностики, методов исследования в микробиологии; анализа полученные результаты проведенных исследований; анализа эффективности проведенных исследований
Подготовительные и вспомогательные стадии производства	Знает: Классификация и характеристика субстратов, питательных сред, биологических агентов для процессов ферментации; технологические этапы подготовки субстратов, биологических агентов и оборудования для процессов ферментации; основные параметры процессов и методы их контроля Умеет: организовывать процесс подготовки субстратов, биологических агентов и оборудования для процессов ферментации; контроля параметров процессов и работы оборудования Имеет практический опыт: организации процесса подготовки субстратов, биологических агентов и оборудования для процессов ферментации; контроля параметров процессов и работы оборудования
Процессы ферментации и аппаратное сопровождение	Знает: технологические этапы ферментации; основные параметры процессов ферментации и методы их контроля; основы управления биотехнологическими процессами ферментации сырья, оборудование применяемое для аппаратного оснащения ферментации Умеет: организовывать процесс проведения ферментации продовольственного сырья; измерять параметры биотехнологических процессов при проведении ферментации; оценивать качество исходного сырья и готовой

	продукции; подбирать и рассчитывать оборудование для аппаратного оснащения ферментации Имеет практический опыт: организации процесса ферментации продовольственного сырья; измерения параметров биотехнологических процессов при проведении ферментации; управления биотехнологическими процессами ферментации продовольственного сырья; расчета оборудования для аппаратного оснащения ферментации
Правовое регулирование биотехнологических производств и этические нормы	Знает: требования национальных и международных стандартов к безопасности сырья и готовой продукции; алгоритм стандартных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов, санитарно-гигиенические требования к биотехнологическому производству; меры государственного санитарно-эпидемиологического надзора РФ, правовую и нормативную базу; нормативные документы, обеспечивающие качество и санитарно-гигиеническую безопасность пищевой продукции: технологию биотехнологического производства; меры, направленные на соблюдение технологических и санитарно-гигиенических режимов производства; санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к территории предприятия, помещениям, оборудованию; санитарные требования, предъявляемые к технологии производства ; способы контроля санитарного состояния предприятия, сырья и готовой продукции Умеет: применять национальные и международные стандарты при оценке безопасности сырья и готовой продукции в биотехнологическом производстве, планировать и организовывать процессы биотехнологических производств с соблюдением необходимых процедур для обеспечения качества и санитарно-гигиенической безопасности биопродукции; внедрять новые прогрессивные технологические процессы; проектировать технологические линии новых и реконструируемых предприятий Имеет практический опыт: применения национальных и международных стандартов при оценке безопасности сырья и готовой продукции в биотехнологическом производстве, организации и управления биобезопасностью биотехнологического предприятия; мониторинга санитарно-гигиенических регламентов и требований при планировании и организации биотехнологического производства

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 108,5 ч.
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,5	35,5
Отчет по лабораторной/практической работе	15	15
Подготовка к экзамену	20,5	20,5
Консультации и промежуточная аттестация	60,5	60,5
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. Специфика постферментационных процессов	4	2	2	0
2	Первичная переработка культуральной жидкости	8	2	2	4
3	Концентрирование растворов	10	2	4	4
4	Глубокая очистка и фракционирование (хроматография)	6	4	2	0
5	Формирование готовых форм и стабилизация	8	2	2	4
6	Специфические основы системной биотехнологии	12	0	0	12

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Специфика постферментационных процессов. Отличие химического синтеза от биотехнологического. Роль очистки в себестоимости препарата.	2
2	2	Первичная переработка культуральной жидкости. Удаление клеток-продуцентов и твердой взвеси. Технологии, эффективность	2
3	3	Концентрирование растворов. Мембранные методы: Ультрафильтрация (разделение по молекулярной массе) и диализация	2
4	4	Глубокая очистка и фракционирование (хроматография): ионнообменная хроматография; аффинная хроматография; гель-фильтрация (эксклюзионная): финишная полировка, разделение по размеру молекул. Характеристика методов	4
5	5	Формирование готовых форм и стабилизация: лиофилизация;	2

		распылительная сушка; микрокапсулирование.	
--	--	--	--

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Специфика постферментационных процессов. Понятие нативных и рекомбинантных продуцентов. Технологический расчет эффективности	2
2	2	Методы первичной переработки культуральной жидкости: центрифугирование (проточные сепараторы), глубинное фильтрование на намывных слоях (кизельгур, перлит). Характеристика, эффективность	2
3	3	Концентрирование растворов. Термические методы: выпаривание под вакуумом (для термостабильных кислот и спиртов). Расчет эффективности	4
4	4	Гидрофобная хроматография: технологии, сущность, анализ эффективности	2
5	5	Микрокапсулирование. Стандартизация активности: расчет единиц действия (ЕД/мг) и титра живых клеток.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Технологии фильтрования: применимость и оценка эффективности. Флокуляция микроорганизмов	4
2	3	Концентрирование растворов. Выпаривание среды, анализ эффективности. Высаливание сульфатом аммония.	4
3	5	Технологии распылительной сушки и микрокапсулирования. Расчет единиц действия (ЕД/мг) и титра живых клеток.	4
4	6	Переработка отходов ферментации (барда, отработанная биомасса) в корма и удобрения.	4
5	6	Выделение и полимеризация биопластиков.	4
6	6	Экстракция гидрофобных метаболитов с использованием двухфазных водных систем.	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Отчет по лабораторной/практической работе	Сапронова, Ж. А. Биотехнологические процессы в промышленности и АПК : учебное пособие / Ж. А. Сапронова. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 79 с. Головина, А. И. Техническое и правовое регулирование пищевой биотехнологии : учебное пособие / А. И. Головина. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2023. — 170 с. Биотехнология : учебное пособие для вузов / М. Б. Улимбашев, М. Х. Пежева, Р. А. Улимбашева, М. Х. Хаткова. — Санкт-	8	15

	Петербург : Лань, 2026. — 240 с. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 160 с. Коростелёва, Л. А. Основы экологии микроорганизмов : учебное пособие / Л. А. Коростелёва, А. Г. Кощаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с.		
Подготовка к экзамену	Сапронова, Ж. А. Биотехнологические процессы в промышленности и АПК : учебное пособие / Ж. А. Сапронова. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 79 с. Головина, А. И. Техническое и правовое регулирование пищевой биотехнологии : учебное пособие / А. И. Головина. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2023. — 170 с. Биотехнология : учебное пособие для вузов / М. Б. Улимбашев, М. Х. Пежева, Р. А. Улимбашева, М. Х. Хаткова. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 240 с. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 160 с. Коростелёва, Л. А. Основы экологии микроорганизмов : учебное пособие / Л. А. Коростелёва, А. Г. Кощаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с.	8	20,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Отчет по лабораторной/практической работе	1	15	15 баллов: выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по темам практических работ, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работах, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент демонстрирует знания	экзамен

					теоретического и практического материала по темам практических работ, определяет взаимосвязи между показателями и заданиями практических работ, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условиям заданий. 10 – 14 баллов: выставляется, если студент показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по темам практических работ, допуская незначительные неточности при выполнении заданий, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания. 5 – 9 баллов: выставляется, если студент в целом освоил материал практических работ, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент затрудняется с правильной оценкой предложенного задания, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма выполнения задания возможен при наводящих вопросах преподавателя. 1 – 4 балла: выставляется, если студент не до конца освоил материал практических/лабораторных работ, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент затрудняется с правильной оценкой предложенного задания, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма выполнения задания	
--	--	--	--	--	---	--

					невозможен даже при наводящих вопросах преподавателя. 0 баллов: выставляется, если студент имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практических работ, не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.	
2	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20 баллов: выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента. 15 – 19 баллов: выставляется студенту, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. 10 – 14 баллов: выставляется студенту, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при	экзамен

					этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 2-3 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. 5 – 9 баллов: выставляется студенту, если дан неполный ответ, но некоторая последовательность изложения присутствует, в целом студентом разбирается в объекте, показано умение выделить существенные признаки и причинно-следственные связи, Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно, но на дополнительные вопросы преподавателя студент пытается сформулировать обоснованный ответ. 1 – 4 баллов: выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. По многим моментам присутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения, но дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 0 баллов – отсутствие ответа на вопрос.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится в устной форме по билетам, включающим 2 теоретических вопроса. На подготовку студенту выделяется 30 минут, после этого студент отвечает на все вопросы билета. После ответов студента экзаменатор задает дополнительные вопросы в рамках вопросов билета	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ	
		1	2
ПК-7	Знает: применяемые в промышленности современные способы выделения продуктов биотехнологии из культуральных жидкостей; основные принципы выбора метода выделения и очистки продуктов биотехнологии; методы сушки продуктов биотехнологии; аппаратное оформление процессов выделения, очистки и сушки; способы выделения важнейших групп продуктов микробиологического синтеза; создание стерильных условий на заключительных этапах производства	+	+
ПК-7	Умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов ; выбирать метод выделения продукта в зависимости от его строения, химических и физических свойств; использовать перспективные направления в технологиях выделения и очистки с целью оптимизации технологического процесса и улучшения качества продукции	+	+
ПК-7	Имеет практический опыт: применения основных и вспомогательных этапов биопроизводства; принципов составления технологических схем выделения продукта биосинтеза; методов использования количественных и качественных методов анализа продуктов биотехнологий; применения методов выделения и очистки биотехнологических продуктов	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. МУ для самостоятельной работы

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. МУ для самостоятельной работы

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Сапронова, Ж. А. Биотехнологические процессы в промышленности и АПК : учебное пособие / Ж. А. Сапронова. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 79 с. https://e.lanbook.com/book/177589
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Головина, А. И. Техническое и правовое регулирование пищевой биотехнологии : учебное пособие / А. И. Головина. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2023. — 170 с. https://e.lanbook.com/book/358946
3	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Биотехнология : учебное пособие для вузов / М. Б. Улимбашев, М. Х. Пежева, Р. А. Улимбашева, М. Х. Хаткова. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 240 с. https://e.lanbook.com/book/520875
4	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 160 с. https://e.lanbook.com/book/478241
5	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Коростелёва, Л. А. Основы экологии микроорганизмов : учебное пособие / Л. А. Коростелёва, А. Г. Коцаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. https://e.lanbook.com/book/211103

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных polpred (обзор СМИ)(бессрочно)
2. ООО Ланвер-Техэксперт(21.02.2027)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	241 (2)	Компьютерный комплект рабочий (монитор Samsung 942B 19" LCD, системный блок Core 2 Duo E8400), Компьютерный комплект рабочий (монитор LCD 17" Xerox black, системный блок Core 2 Duo E6550). Рефрактометр ИРФ-54, поляриметр СМ-3, центрифуга ЦР-8, фотоколориметр КФК-3 образцы товаров; стандарты разных видов (100 шт.); Общероссийский классификатор продукции (5 шт.); Люминоскоп «Филин», термостат ТС-1/80С, микроскоп «Микмед-1», телевизор LG 42CS560, телевизор LG 42LN540V, комплект из 4х лабораторных столов 2 шт., стул лабораторный черный-18 шт.

Лекции	263 (2)	Проектор + экран Асег, комплект компьютерного оборудования (системный блок LG, монитор LG, клавиатура Genius, мышь Logitech), ЭПС «Система ГАРАНТ», 50 рабочих мест обучающихся, доска аудиторная-1 шт.
Экзамен	263 (2)	Проектор + экран Асег, комплект компьютерного оборудования (системный блок LG, монитор LG, клавиатура Genius, мышь Logitech), ЭПС «Система ГАРАНТ», 50 рабочих мест обучающихся, доска аудиторная-1 шт.