

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
«25» мая 2026 г.



**МНОГОФАЗНЫЙ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ, ПОРИСТЫХ
И МЕРЗЛЫХ СРЕДАХ**

Рабочая программа
для обучающихся по научной специальности
2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника
форма обучения (очная)

Пономарев К. О. Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника, форма обучения (очная). Тюмень, 2026.

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951, с учетом изменений, внесенных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 3 июня 2025 г. № 466.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах» опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

1.1. Актуальность, предназначение и место дисциплины в программе аспирантуры

Дисциплина «Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и является элективной дисциплиной по выбору аспиранта по научной специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника. Дисциплина обеспечивает углубленную подготовку аспирантов в области анализа, расчета, моделирования и интерпретации процессов переноса теплоты, массы и импульса в многофазных, флюидонасыщенных, пористых, водонасыщенных, мерзлых и техногенно измененных средах. Содержание дисциплины непосредственно связано с направлениями паспорта научной специальности 2.4.6, включающими теплофизические свойства веществ и флюидонасыщенных горных пород, совместный перенос массы, импульса и энергии, тепло- и массообмен в одно- и многофазных системах, тепловые режимы, энергоэффективность и расчетно-экспериментальные методы исследования теплотехнических процессов.

Дисциплина логически и содержательно связана с научным компонентом программы аспирантуры, научно-педагогической практикой, итоговой аттестацией, специальной дисциплиной «Теоретическая и прикладная теплотехника», а также с элективными дисциплинами, посвященными численному моделированию, цифровым двойникам, тепловым режимам автономных систем, систем накопления энергии и низкоуглеродным энергетическим технологиям.

Для освоения дисциплины аспирант должен владеть базовыми знаниями в области термодинамики, механики жидкости и газа, теплопроводности, конвективного теплообмена, массообмена, фазовых превращений, фильтрации в пористых средах, физики мерзлых и водонасыщенных сред, а также методов математического и численного моделирования.

Дисциплина ориентирована на аспирантов, выполняющих исследования по тепломассопереносу в флюидонасыщенных горных породах, кернах, грунтах и техногенно измененных пористых материалах; неизотермической одно- и многофазной фильтрации; тепловым процессам в пластах, скважинах, трубопроводах и резервуарах; тепловому режиму мерзлых, водонасыщенных и природно-технических систем в условиях Сибири, Арктики и криолитозоны; расчетно-экспериментальному исследованию процессов переноса в пористых и мерзлых средах.

1.2. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах» является формирование у аспирантов углубленных теоретических знаний, расчетно-аналитических навыков и исследовательских компетенций, необходимых для постановки и решения фундаментальных и прикладных задач в области переноса теплоты, массы и импульса в многофазных, флюидонасыщенных, пористых, водонасыщенных, мерзлых и техногенно измененных средах применительно к объектам нефтегазовой, энергетической, арктической и промышленной инфраструктуры.

Дисциплина направлена на подготовку аспирантов к самостоятельному выполнению научных исследований по научной специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника, включая анализ теплофизических и фильтрационных свойств сред, моделирование одно- и многофазной фильтрации, исследование фазовых превращений в поровом пространстве, оценку теплового режима природно-технических систем и интерпретацию результатов расчетных, экспериментальных и литературных исследований.

1.3. Задачи дисциплины

1) Сформировать у аспирантов представление о флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах как объектах теоретической и прикладной теплотехники.

2) Изучить основные теплофизические, фильтрационные и фазовые характеристики пористых, флюидонасыщенных, водонасыщенных и мерзлых сред.

3) Рассмотреть физические механизмы совместного переноса теплоты, массы и импульса в одно- и многофазных пористых средах.

4) Освоить основные уравнения и расчетные постановки задач однофазной и многофазной фильтрации, включая неизотермические и неравновесные процессы.

5) Изучить особенности тепломассопереноса при промерзании и оттаивании водонасыщенных и флюидонасыщенных сред, включая фазовые превращения воды и льда в поровом пространстве.

6) Рассмотреть прикладные задачи теплового режима пластов, скважин, трубопроводов, резервуаров, оснований сооружений и иных природно-технических систем в условиях Сибири, Арктики и криолитозоны.

7) Сформировать навыки выбора расчетных моделей, начальных и граничных условий, определяющих параметров и методов интерпретации результатов применительно к теме диссертационного исследования аспиранта.

8) Развить способность критически анализировать современные научные публикации по многофазному тепломассопереносу в пористых, флюидонасыщенных и мерзлых средах.

9) Сформировать готовность обосновывать достоверность, научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов исследований по тематике дисциплины.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

В результате освоения элективной дисциплины «Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах» у обучающегося формируются профессиональные компетенции, обеспечивающие готовность к постановке и решению научных задач в области теоретической и прикладной теплотехники, применению расчетных, экспериментальных, расчетно-экспериментальных, численных и информационных методов исследования, а также к обоснованию достоверности, научной новизны и практической значимости полученных результатов.

Код	Наименование компетенции	Планируемый результат освоения дисциплины
ПК-1	Способность обосновывать и формулировать научную задачу в области теоретической и прикладной теплотехники, включая определение актуальности, цели, задач, объекта, предмета, гипотезы, физической и математической постановки исследования, а также его соответствия паспорту научной специальности 2.4.6	Аспирант способен обосновать актуальность и научную постановку задачи по одному из направлений теоретической и прикладной теплотехники, определить объект, предмет, цель, задачи, гипотезу, физическую и математическую модель исследования и показать соответствие темы паспорту специальности 2.4.6.
ПК-2	Способность применять расчетные, экспериментальные, расчетно-экспериментальные, численные и информационные методы исследования термодинамических, теплогидравлических и тепломассопереносных процессов в теплотехнических системах, одно- и многофазных, пористых, флюидонасыщенных и мерзлых средах, включая обработку, верификацию, валидацию и интерпретацию полученных результатов	Аспирант способен выбирать и применять аналитические, расчетные, экспериментальные, расчетно-экспериментальные, численные и информационные методы для исследования термодинамических, теплогидравлических и тепломассопереносных процессов, обрабатывать и интерпретировать результаты с учетом области применимости моделей и исходных допущений.
ПК-3	Способность обосновывать достоверность, научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов	Аспирант способен обосновывать достоверность, научную новизну, теоретическую и практическую

	исследований в области теоретической и прикладной теплотехники, представлять и апробировать их в форме диссертации, научных публикаций, докладов, отчетов, результатов интеллектуальной деятельности и материалов научно-образовательной деятельности	значимость результатов исследования по профилю специальности 2.4.6, представлять их в форме научного доклада, аналитического обзора, экзаменационного ответа, раздела диссертации и иных научно-образовательных материалов.
--	---	---

2.1. Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные понятия и параметры, характеризующие флюидонасыщенные, пористые и мерзлые среды: пористость, проницаемость, насыщенность, капиллярное давление, относительные фазовые проницаемости, льдистость, влажность, фазовый состав порового пространства;
- теплофизические свойства пористых, водонасыщенных, флюидонасыщенных и мерзлых сред: теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, эффективные и переносные свойства;
- физические механизмы переноса теплоты, массы и импульса в одно- и многофазных пористых средах;
- основные уравнения однофазной и многофазной фильтрации;
- особенности неізотермического переноса в пластах, кернах, грунтах, скважинах и трубопроводах;
- механизмы фазовых превращений в пористых и мерзлых средах;
- основные подходы к описанию промерзания, оттаивания, миграции влаги и изменения теплофизических свойств мерзлых и талых сред;
- методы экспериментального определения теплофизических и фильтрационных свойств кернов, грунтов и пористых материалов;
- современные расчетные, численные и экспериментальные подходы к исследованию многофазного теплопереноса.

Уметь:

- формулировать физическую постановку задачи многофазного теплопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде;
- выбирать расчетные модели для описания однофазной и многофазной фильтрации;
- определять ключевые параметры, влияющие на тепловой режим пористых, флюидонасыщенных и мерзлых сред;
- анализировать влияние фазовых превращений на процессы теплопереноса;
- выбирать начальные и граничные условия для задач теплопереноса, фильтрации, промерзания и оттаивания;
- интерпретировать результаты лабораторных и расчетных исследований кернов, грунтов и пористых материалов;
- оценивать тепловое воздействие скважин, трубопроводов, резервуаров, промышленных и энергетических объектов на природные и техногенные пористые среды;
- разрабатывать концепцию расчетно-экспериментального исследования теплопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде;
- анализировать современные научные публикации по тематике дисциплины и выделять научную новизну, ограничения и перспективы исследований.

Владеть:

- терминологией и методологией исследований многофазного теплопереноса в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах;
- навыками построения расчетных схем для задач неізотермической фильтрации и теплопереноса;

- навыками разработки расчетно-экспериментальной схемы исследования, включая выбор объекта, параметров среды, методов измерения, расчетной модели и способов сопоставления результатов;
- навыками анализа и интерпретации экспериментальных данных по фильтрационным и теплофизическим свойствам пористых сред;
- методами критической оценки допущений, ограничений и области применимости расчетных моделей;
- подходами к верификации и сопоставлению расчетных, экспериментальных и литературных данных;
- навыками подготовки научного доклада, аналитического обзора литературы и постановки исследовательской задачи по тематике дисциплины.

3. Структура и объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы, 108 академических часов**. Дисциплина реализуется в 4-м семестре; форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4-й семестр
Общий объем зач. ед. час	3	3
	108	108
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	22	22
Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Дифференцированный зачет 36

4. Система оценивания

4.1. Текущий контроль и учет его результатов при промежуточной аттестации

Текущий контроль проводится в течение периода освоения дисциплины и направлен на проверку теоретической подготовки, расчетно-аналитических навыков, способности работать с научной литературой, формулировать расчетно-экспериментальную схему исследования и связывать содержание дисциплины с темой диссертационного исследования и паспортом научной специальности 2.4.6.

Текущий контроль включает:

- участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях;
- выполнение расчетно-аналитического задания;
- подготовку аналитического обзора современной научной литературы;
- подготовку концепции расчетно-экспериментального исследования тепломассопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде;
- подготовку и защиту итогового доклада (презентации) по тематике дисциплины, связанной с направлением диссертационного исследования аспиранта.

Вид работы	Максимальное количество баллов
Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях	15
Расчетно-аналитическое задание	25
Аналитический обзор современной научной литературы	20
Концепция расчетно-экспериментального исследования тепломассопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде	20
Итоговый доклад (презентация) по теме дисциплины	20
Итого	100

Баллы	Оценка
91-100	отлично
76-90	хорошо
61-75	удовлетворительно
60 и менее	неудовлетворительно

Результаты текущего контроля используются для допуска аспиранта к дифференцированному зачету и учитываются при выставлении итоговой оценки по дисциплине.

4.2. Условия допуска к дифференцированному зачету

К дифференцированному зачету по дисциплине «Многофазный тепломассоперенос в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах» допускается аспирант, который:

- 1) освоил основные разделы дисциплины;
- 2) принял участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях;
- 3) выполнил предусмотренные рабочей программой дисциплины виды текущего контроля в объеме, достаточном для получения положительной оценки;
- 4) выполнил расчетно-аналитическое задание и / или аналитический обзор современной научной литературы;
- 5) подготовил концепцию расчетно-экспериментального исследования тепломассопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде;
- 6) подготовил итоговый доклад (презентацию) по теме дисциплины или теме, связанной с диссертационным исследованием;
- 7) продемонстрировал способность связать содержание дисциплины с паспортом научной специальности 2.4.6;
- 8) не имеет академической задолженности по дисциплине;
- 9) выполнил требования, установленные рабочей программой дисциплины и локальными нормативными актами университета.

При наличии неудовлетворительных результатов текущего контроля аспиранту может быть предложена доработка соответствующих материалов до прохождения дифференцированного зачета.

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактно й работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
	Часов в 4 семестре	58	12	10	0	36
	Многофазный теплообмен в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах	58	12	10	0	36
1.	Теплофизические и фильтрационные свойства флюидонасыщенных, пористых и мерзлых сред	2	2	0	0	0
2.	Однофазная и многофазная фильтрация в пористых средах	4	2	2	0	0
3.	Совместный перенос теплоты, массы и импульса в многофазных средах	4	2	2	0	0
4.	Теплообмен в мерзлых и водонасыщенных средах	4	2	2	0	0
5.	Прикладные задачи нефтегазовых, энергетических и арктических технологий	4	2	2	0	0
6.	Экспериментальные, расчетные и аналитические методы исследования	4	2	2	0	0
7.	Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет	36	0	0	0	36
	Итого (часов)	58	12	10	0	36

Самостоятельная работа обучающегося в объеме 50 академических часов планируется в разделе 6 настоящей рабочей программы.

5.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

Тема 1. Теплофизические и фильтрационные свойства флюидонасыщенных, пористых и мерзлых сред

Пористая среда как объект теоретической и прикладной теплотехники. Пористость, проницаемость, насыщенность, капиллярное давление, относительные фазовые проницаемости. Флюидонасыщенные горные породы, керны, грунты, техногенно измененные пористые материалы. Эффективная теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность пористых и мерзлых сред. Влияние состава флюидов, влажности, льдистости, структуры порового пространства, давления и температуры на переносные свойства.

Тема 2. Однофазная и многофазная фильтрация в пористых средах

Закон Дарси и область его применимости. Уравнения однофазной фильтрации. Радиальная и линейная фильтрация. Начальные и граничные условия. Фильтрация водонефтяных, газожидкостных и газоконденсатных смесей. Относительные фазовые проницаемости. Капиллярные эффекты. Неизотермическая фильтрация. Связь фильтрационных процессов с тепловым состоянием среды.

Тема 3. Совместный перенос теплоты, массы и импульса в многофазных средах

Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в многофазных средах. Локальное тепловое равновесие и локальное тепловое неравновесие фаз. Межфазный тепло- и массообмен. Диффузионные и конвективные механизмы переноса. Фазовые превращения в пористых средах: испарение, конденсация, кристаллизация, плавление, гидратообразование и разложение газовых гидратов. Влияние фазовых превращений на тепловой режим среды.

Тема 4. Тепломассоперенос в мерзлых и водонасыщенных средах

Мерзлые и талые пористые среды. Промерзание и оттаивание водонасыщенных грунтов. Фазовые переходы воды и льда в поровом пространстве. Миграция влаги при наличии температурных градиентов. Тепловой режим мерзлых грунтов. Талики и зоны оттаивания. Изменение теплофизических и фильтрационных свойств среды при промерзании и оттаивании. Особенности тепломассопереноса в криолитозоне.

Тема 5. Прикладные задачи нефтегазовых, энергетических и арктических технологий

Тепловой режим нефтегазовых пластов, скважин, наземных трубопроводов, резервуаров, узлов подготовки и транспорта углеводородов. Тепловые методы воздействия на пласт. Неизотермические процессы в призабойной зоне. Тепловое воздействие трубопроводов, промышленных и энергетических объектов на мерзлые, водонасыщенные и техногенно измененные грунты. Тепломассоперенос в природно-технических системах Сибири, Арктики и Субарктики.

Тема 6. Экспериментальные, расчетные и аналитические методы исследования

Лабораторные методы исследования кернов, грунтов и пористых материалов. Определение фильтрационных и теплофизических свойств. Обработка и интерпретация экспериментальных данных. Расчетные модели тепломассопереноса в пористых и мерзлых средах. Проверка размерности, анализ чувствительности, верификация и валидация моделей. Подготовка научной постановки задачи по теме диссертационного исследования.

5.3. Тематика практических и семинарских занятий

1. Анализ теплофизических и фильтрационных характеристик флюидонасыщенной пористой среды.
2. Постановка задачи однофазной фильтрации: выбор расчетной области, параметров, начальных и граничных условий.
3. Относительные фазовые проницаемости и их влияние на многофазную фильтрацию.
4. Составление системы уравнений неизотермической многофазной фильтрации.
5. Анализ влияния фазовых превращений на тепловой режим пористой среды.
6. Расчет глубины промерзания или оттаивания водонасыщенной пористой среды в упрощенной постановке.

7. Анализ теплового воздействия трубопровода, скважины или резервуара на мерзлый грунт.
8. Обсуждение современных научных публикаций по тепломассопереносу в пористых, флюидонасыщенных и мерзлых средах.
9. Подготовка индивидуальной постановки исследовательской задачи по тематике диссертации аспиранта.
10. Представление и обсуждение итоговых докладов аспирантов.

5.4. Образцы средств для проведения текущего контроля

В качестве образцов средств текущего контроля используются расчетно-аналитические задания, аналитический обзор современной научной литературы, концепция расчетно-экспериментального исследования тепломассопереноса, итоговый научный доклад (презентация) и устное собеседование. Детализированные требования к оценочным средствам приведены в разделе 7 настоящей рабочей программы и в оценочных материалах по дисциплине.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа аспиранта включает изучение теоретических материалов по разделам дисциплины, анализ научных публикаций за последние 5 лет по тематике многофазного тепломассопереноса, подготовку аналитического обзора литературы, выполнение расчетно-аналитического задания, подготовку концепции расчетно-экспериментального исследования по теме дисциплины или диссертационного исследования аспиранта, подготовку доклада и подготовку к дифференцированному зачету.

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Теплофизические и фильтрационные свойства флюидонасыщенных, пористых и мерзлых сред	Проработка учебной и научной литературы; подготовка конспекта по основным параметрам пористых сред; анализ влияния пористости, насыщенности, льдистости и температуры на теплофизические свойства.
2.	Однофазная и многофазная фильтрация в пористых средах	Решение расчетных задач по закону Дарси; подготовка схемы однофазной или многофазной фильтрации; анализ начальных и граничных условий.
3.	Совместный перенос теплоты, массы и импульса в многофазных средах	Подготовка аналитического обзора или фрагмента обзора по межфазному тепло- и массообмену, локальному тепловому равновесию, фазовым превращениям или газовым гидратам.
4.	Тепломассоперенос в мерзлых и водонасыщенных средах	Анализ моделей промерзания и оттаивания; расчетная оценка влияния влажности, льдистости и скрытой теплоты фазового перехода; подготовка вопросов к семинарскому обсуждению.
5.	Прикладные задачи нефтегазовых, энергетических и арктических технологий	Подготовка постановки прикладной задачи по тепловому режиму скважины, трубопровода, резервуара, мерзлого грунта или природно-технической системы; связь задачи с темой диссертации.

6.	Экспериментальные, расчетные и аналитические методы исследования	Подготовка концепции расчетно-экспериментального исследования; выбор методов измерения и расчета; определение способов верификации, валидации и интерпретации результатов; подготовка итогового доклада.
----	--	--

Рекомендуемые темы самостоятельных работ

- 1) Теплофизические свойства флюидонасыщенных горных пород и методы их определения.
- 2) Модели однофазной и многофазной фильтрации в пористых средах.
- 3) Неизотермическая фильтрация в нефтегазовых пластах.
- 4) Тепломассоперенос в водонасыщенных и мерзлых грунтах.
- 5) Промерзание и оттаивание пористых сред: физические механизмы и расчетные модели.
- 6) Фазовые превращения в пористых средах и их влияние на тепловой режим.
- 7) Тепловое воздействие трубопроводов на мерзлые грунты.
- 8) Тепломассоперенос в призабойной зоне скважины.
- 9) Тепловые методы увеличения нефтеотдачи пластов.
- 10) Экспериментальные методы исследования фильтрационных свойств керна.
- 11) Методы определения теплопроводности и теплоемкости пористых и мерзлых сред.
- 12) Тепловой режим природно-технических систем в условиях Арктики и Субарктики.
- 13) Тепломассоперенос при образовании и разложении газовых гидратов.
- 14) Верификация расчетных моделей тепломассопереноса в пористых средах.
- 15) Теплофизические и инженерные последствия изменения теплового режима мерзлых и водонасыщенных сред.

7. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Форма проведения промежуточной аттестации – дифференцированный зачет. Дифференцированный зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам дисциплины с учетом выполненных аспирантом работ текущего контроля: расчетно-аналитического задания, аналитического обзора, концепции расчетно-экспериментального исследования и итогового доклада (презентации).

На дифференцированном зачете оцениваются: знание теоретических основ дисциплины; понимание физических механизмов тепломассопереноса; способность объяснять роль теплофизических, фильтрационных и фазовых параметров; умение формулировать расчетную постановку задачи; способность выбирать модель, допущения, начальные и граничные условия; умение интерпретировать расчетные, экспериментальные и литературные данные; способность связывать содержание дисциплины с темой диссертации и паспортом 2.4.6.

7.1.1. Примерные вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета

- 1) Пористая среда как объект теоретической и прикладной теплотехники.
- 2) Флюидонасыщенные, водонасыщенные и мерзлые среды: основные понятия и параметры.
- 3) Пористость, проницаемость, насыщенность и капиллярное давление.
- 4) Относительные фазовые проницаемости и их физический смысл.
- 5) Теплофизические свойства флюидонасыщенных горных пород.
- 6) Эффективная теплопроводность пористых и мерзлых сред.
- 7) Теплоемкость, температуропроводность и переносные свойства пористых материалов.
- 8) Влияние влажности, льдистости, температуры и давления на теплофизические свойства среды.
- 9) Закон Дарси и область его применимости.

- 10) Однофазная фильтрация в пористой среде.
- 11) Радиальная фильтрация и ее применение к задачам скважинной гидродинамики.
- 12) Многофазная фильтрация: основные понятия и определяющие параметры.
- 13) Фильтрация водонефтяных, газожидкостных и газоконденсатных смесей.
- 14) Капиллярные эффекты в пористых средах.
- 15) Неизотермическая фильтрация и ее особенности.
- 16) Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в многофазной пористой среде.
- 17) Локальное тепловое равновесие и локальное тепловое неравновесие фаз.
- 18) Межфазный тепло- и массообмен в многофазных системах.
- 19) Совместный перенос теплоты, массы и импульса в поровом пространстве.
- 20) Фазовые превращения в пористых и флюидонасыщенных средах.
- 21) Промерзание и оттаивание водонасыщенных грунтов.
- 22) Тепловой режим мерзлых грунтов.
- 23) Миграция влаги при наличии температурных градиентов.
- 24) Изменение теплофизических свойств среды при промерзании и оттаивании.
- 25) Морозное пучение как следствие тепломассопереноса и фазовых превращений.
- 26) Тепловое воздействие скважин и трубопроводов на окружающую пористую среду.
- 27) Тепловые процессы в пластах, скважинах, призабойных зонах и трубопроводах.
- 28) Тепловые методы воздействия на пласт.
- 29) Тепломассоперенос в газоконденсатных системах с фазовыми превращениями.
- 30) Образование и разложение газовых гидратов в пористых средах.
- 31) Тепловой режим резервуаров и объектов промышленной инфраструктуры.
- 32) Тепловое воздействие энергетических и промышленных объектов на природно-технические системы.
- 33) Тепломассоперенос в условиях Сибири, Арктики и криолитозоны.
- 34) Экспериментальные методы определения фильтрационных свойств керна.
- 35) Методы определения теплопроводности и теплоемкости пористых и мерзлых сред.
- 36) Интерпретация результатов лабораторных исследований кернов, грунтов и пористых материалов.
- 37) Верификация расчетных моделей многофазного тепломассопереноса.
- 38) Сопоставление расчетных, экспериментальных и литературных данных.
- 39) Современные численные подходы к моделированию тепломассопереноса в пористых и мерзлых средах.
- 40) Связь задач многофазного тепломассопереноса с паспортом научной специальности 2.4.6.

7.1.2. Примерные расчетно-аналитические задания

1) Оценка эффективной теплопроводности пористой среды.

Для заданной пористости, теплопроводности твердого скелета и насыщающего флюида оценить эффективную теплопроводность пористой среды. Сравнить возможные модели осреднения и указать область их применимости.

2) Расчет теплового режима водонасыщенного пористого слоя.

Сформулировать задачу нестационарной теплопроводности в водонасыщенной пористой среде, задать начальные и граничные условия, определить характерное время изменения температурного поля.

3) Постановка задачи однофазной фильтрации.

Для пористой среды с заданной проницаемостью, вязкостью флюида и перепадом давления записать расчетную схему однофазной фильтрации, определить фильтрационную скорость и расход.

4) Радиальная фильтрация к скважине.

Сформулировать расчетную задачу радиального притока флюида к скважине. Определить основные параметры, влияющие на дебит, и указать ограничения применимости модели.

5) Неизотермическая фильтрация в пористой среде.

Составить систему уравнений, описывающих совместный перенос теплоты и фильтрационное движение флюида. Указать необходимые замыкающие соотношения и теплофизические параметры.

6) Многофазная фильтрация водонефтяной смеси.

Для заданных насыщенностей фаз описать роль относительных фазовых проницаемостей, капиллярного давления и вязкости фаз. Сформулировать расчетную постановку задачи.

7) Межфазный теплообмен в многофазной пористой среде.

Составить баланс энергии для системы «твердый скелет – жидкая фаза – газовая фаза». Обсудить условия локального теплового равновесия и локального теплового неравновесия.

8) Промерзание водонасыщенного грунта.

Сформулировать задачу промерзания водонасыщенной пористой среды с учетом фазового перехода воды в лед. Указать роль скрытой теплоты фазового перехода, влажности и граничных условий.

9) Оценка влияния льдистости на теплофизические свойства мерзлой среды.

Для заданного состава мерзлой среды оценить изменение эффективной теплопроводности и теплоемкости при изменении содержания льда.

10) Тепловое воздействие трубопровода на мерзлый грунт.

Сформулировать расчетную схему оценки температурного поля вокруг трубопровода. Указать факторы, определяющие глубину и интенсивность теплового воздействия.

11) Тепловой режим скважины в флюидонасыщенной среде.

Составить тепловой баланс скважины и окружающей пористой среды. Указать влияние температуры флюида, расхода, теплофизических свойств пород и режима эксплуатации.

12) Фазовые превращения в газоконденсатной системе.

Описать влияние изменения давления и температуры на фазовый состав газоконденсатной смеси. Сформулировать постановку задачи тепломассопереноса с фазовыми превращениями.

13) Образование и разложение газовых гидратов в пористой среде.

Сформулировать физическую постановку задачи, указать роль температуры, давления, насыщенности, теплового эффекта фазового перехода и фильтрационного переноса.

14) Экспериментальное определение фильтрационных свойств керна.

Предложить схему эксперимента по определению проницаемости или относительной фазовой проницаемости. Указать измеряемые параметры, расчетные зависимости и возможные источники погрешности.

15) Верификация расчетной модели тепломассопереноса.

Для выбранной модели тепломассопереноса в пористой или мерзлой среде предложить способ проверки корректности: сравнение с аналитическим решением, экспериментом или литературными данными.

16) Связь расчетной задачи с темой диссертации и паспортом 2.4.6.

Для темы диссертационного исследования аспиранта сформулировать расчетную или экспериментальную задачу по дисциплине, указать объект, предмет, параметры, методы, ожидаемые результаты и соответствующие положения паспорта научной специальности 2.4.6.

7.1.3. Примерные темы аналитических обзоров, докладов и презентаций

1) Современные модели многофазного тепломассопереноса в пористых и флюидонасыщенных средах.

2) Теплофизические и фильтрационные свойства флюидонасыщенных горных пород, кернов и пористых материалов.

3) Экспериментальное определение фильтрационных характеристик кернов и пористых сред.

4) Относительные фазовые проницаемости и их роль в задачах многофазной фильтрации.

5) Неизотермическая однофазная и многофазная фильтрация в нефтегазовых пластах.

6) Совместный перенос теплоты, массы и импульса в многофазных пористых средах.

7) Локальное тепловое равновесие и локальное тепловое неравновесие фаз в многофазных системах.

8) Межфазный тепло- и массообмен в флюидонасыщенных и пористых средах.

- 9) Тепломассоперенос в скважинах, трубопроводах и призабойных зонах.
- 10) Тепловые методы воздействия на пласт и их теплофизическое обоснование.
- 11) Тепломассоперенос в газожидкостных и газоконденсатных системах.
- 12) Фазовые превращения в пористых средах и их влияние на тепловой режим.
- 13) Газовые гидраты в пористых средах: теплофизические аспекты образования и разложения.
- 14) Промерзание и оттаивание водонасыщенных пористых сред.
- 15) Теплофизические свойства мерзлых и талых грунтов.
- 16) Миграция влаги в мерзлых и промерзающих грунтах при наличии температурных градиентов.
- 17) Тепловой режим мерзлых, водонасыщенных и техногенно измененных пористых сред.
- 18) Тепловое воздействие трубопроводов, скважин, резервуаров и промышленных объектов на мерзлые грунты.
- 19) Тепломассоперенос в природно-технических системах Сибири, Арктики и криолитозоны.
- 20) Пассивные системы стабилизации теплового режима мерзлых грунтов: термосифоны, тепловые трубы и иные теплообменные устройства.
- 21) Расчетные модели промерзания, оттаивания и фазовых превращений в пористых средах.
- 22) Численное моделирование тепломассопереноса в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах.
- 23) Методы верификации и валидации расчетных моделей многофазного тепломассопереноса.
- 24) Сопоставление расчетных, экспериментальных и литературных данных в задачах тепломассопереноса.
- 25) Применение методов анализа данных и физически обоснованных моделей машинного обучения в задачах фильтрации и тепломассопереноса в пористых средах.
- 26) Концепция расчетно-экспериментального исследования тепломассопереноса в флюидонасыщенной, пористой или мерзлой среде по теме диссертационного исследования аспиранта.
- 27) Соответствие темы диссертационного исследования аспиранта паспорту научной специальности 2.4.6 через задачи многофазного тепломассопереноса.

7.2. Критерии оценки результатов дифференцированного зачета

Оценка	Критерии
Отлично	Аспирант демонстрирует глубокое и системное понимание физических механизмов многофазного тепломассопереноса в флюидонасыщенных, пористых, водонасыщенных и мерзлых средах; грамотно использует профессиональную терминологию; корректно формулирует физическую и расчетную постановку задачи; обоснованно выбирает модели, параметры, допущения, начальные и граничные условия; способен анализировать расчетные, экспериментальные и литературные данные; уверенно связывает содержание дисциплины с темой диссертационного исследования и паспортом 2.4.6.
Хорошо	Аспирант в целом правильно раскрывает содержание дисциплины, владеет основными понятиями и расчетными подходами, способен анализировать типовые задачи тепломассопереноса в пористых и мерзлых средах, но допускает отдельные неточности при раскрытии сложных моделей, межфазных процессов, фазовых превращений или ограничений расчетных зависимостей.

Удовлетворительно	Аспирант владеет базовой терминологией и общими представлениями о тепломассопереносе в пористых и мерзлых средах, но испытывает затруднения при самостоятельной постановке исследовательской задачи, выборе модели, обосновании граничных условий, анализе фазовых превращений и интерпретации результатов.
Неудовлетворительно	Аспирант не владеет основными понятиями дисциплины; не способен объяснить физические механизмы переноса теплоты, массы и импульса в многофазных пористых средах; допускает грубые ошибки при формулировке расчетных постановок; не может связать содержание дисциплины с направлением диссертационного исследования.

7.3. Рекомендуемая структура ответа на дифференцированном зачете

При ответе на вопрос дифференцированного зачета аспиранту рекомендуется придерживаться следующей структуры:

- 1) дать определение рассматриваемого явления, процесса, параметра или модели;
- 2) раскрыть физический смысл рассматриваемого процесса;
- 3) указать объект или класс объектов, для которых процесс характерен;
- 4) записать основные уравнения или расчетные соотношения;
- 5) пояснить используемые параметры и размерности;
- 6) обосновать исходные допущения;
- 7) указать начальные и граничные условия, если они необходимы;
- 8) пояснить область применимости модели;
- 9) указать возможные ограничения и источники погрешности;
- 10) привести пример прикладного использования;
- 11) показать связь с научной специальностью 2.4.6;
- 12) при возможности показать связь с темой собственного диссертационного исследования.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература представлена преимущественно электронными изданиями, доступными обучающимся через электронные библиотечные системы и электронную информационно-образовательную среду университета.

8.1. Основная литература:

1) Теория тепломассопереноса в нефтегазовых и строительных технологиях : учебное пособие для вузов / под ред. А. Б. Шабарова, А. А. Кислицына. – Москва : Издательство Юрайт ; Тюмень : Тюменский государственный университет, 2022. – 332 с. – ISBN 978-5-534-03562-9 ; ISBN 978-5-400-00979-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/498905> (дата обращения: 18.05.2026). – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

2) Нефтегазовые технологии: физико-математическое моделирование течений : учебное пособие для вузов / под ред. А. Б. Шабарова. – Москва : Издательство Юрайт ; Тюмень : Тюменский государственный университет, 2022. – 215 с. – ISBN 978-5-534-03665-7 ; ISBN 978-5-400-00944-0. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/498906> (дата обращения: 18.05.2026). – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

3) Мусакаев, Н. Г. Механика многофазных сред: течения газожидкостных смесей в каналах : учебник для вузов / Н. Г. Мусакаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 148 с. – ISBN 978-5-534-12445-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/566841> (дата обращения: 18.05.2026). – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

8.2. Дополнительная литература:

1) Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 533 с. – ISBN 978-5-534-19758-7. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/582626> (дата обращения: 18.05.2026). – Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

8.3. Интернет-ресурсы:

- 1) Электронная информационно-образовательная среда ТюмГУ. – URL: <https://lms.utmn.ru/>
- 2) Официальный сайт ТюмГУ. – URL: <https://www.utmn.ru/>
- 3) Официальный сайт ТюмГУ. Сведения об образовательной организации. Образование. – URL: <https://www.utmn.ru/sveden/education/>
- 4) Библиотека ТюмГУ. – URL: <https://lib.utmn.ru/>
- 5) Инструкция Библиотеки ТюмГУ по удаленному доступу к электронным ресурсам через FEDURUS. – URL: <https://lib.utmn.ru/ru/fedurus>
- 6) Правила оформления списка литературы в рабочих программах дисциплин ТюмГУ. – URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/6fugva4011-pravila-oformleniya-spiska-literaturi-v>
- 7) Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/>
- 8) Электронно-библиотечная система Znanium. – URL: <https://znanium.ru/>
- 9) Электронно-библиотечная система «Лань». – URL: <https://e.lanbook.com/>
- 10) Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. – URL: <https://www.elibrary.ru/>
- 11) Национальная электронная библиотека. – URL: <https://rusneb.ru/>
- 12) Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/>
- 13) Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/>
- 14) Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. – URL: <https://vak.gisnauka.ru/>
- 15) SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/>
Используется при наличии доступа через подписку ТюмГУ для поиска современных научных публикаций и монографий по тепломассопереносу, пористым средам, мерзлым средам и многофазным течениям.
- 16) Wiley Online Library. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/>
Используется при наличии доступа через подписку ТюмГУ для поиска современных научных публикаций по теплофизике, механике жидкости, многофазным потокам и инженерным приложениям тепломассопереноса.
- 17) Scopus. – URL: <https://www.scopus.com/>
Используется при наличии доступа через подписку ТюмГУ для библиографического поиска, анализа научных публикаций и подбора источников для аналитического обзора.
- 18) Web of Science. – URL: <https://www.webofscience.com/>
Используется при наличии доступа через подписку ТюмГУ для поиска и анализа научных публикаций по тематике дисциплины.
- 19) Открытая документация GNU Octave. – URL: <https://docs.octave.org/>
- 20) Открытая документация Python. – URL: <https://docs.python.org/>
- 21) Открытая документация OpenFOAM. – URL: <https://www.openfoam.com/documentation/>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

При реализации дисциплины используется лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства: Яндекс.Мессенджер, Яндекс.Телемост и Яндекс.Диск, антивирусное ПО Kaspersky; FAR Manager, офисный пакет Р7-Офис.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории, в которых обеспечены проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет, а также доступ к электронно-библиотечным системам, электронной информационно-образовательной среде, современным профессиональным базам данных и информационно-справочным системам:

Мультиформатная учебная аудитория для проведения лекционных занятий.

Основное оборудование:

- Столы – 76 шт.
- Стулья – 123 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 4 шт.
- Двухсторонняя мобильная стеклянная маркерная доска на металлических ножках – 1 шт.
- Двухсторонняя мобильная доска на металлическом основании – 1 шт.
- Технические средства обучения: Интерактивная панель – 1 шт.
- Лазерный проектор – 2 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 2 шт.
- ТВ-панель настенная – 2 шт.
- Потолочный микрофонный массив – 2 шт.
- PTZ-камера с автотрекингом – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК в комплекте с монитором – 1 шт.
- Мультимедийная трибуна – 1 шт.
- Сенсорный монитор – 1 шт.
- Настольный микрофон – 1 шт.
- Панель управления аудиторией – 1 шт.
- Система коммутация аудио и видеосигнала – 1 шт.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения практических и семинарских занятий.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя - 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 1 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Компьютерный класс (используется для практических занятий, численного моделирования, обработки и визуализации данных, подготовки научных материалов).

Основное оборудование:

- Столы – 30 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 31 шт.

Помещение для самостоятельной работы.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.

- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Помещение для самостоятельной работы (коворкинг используется как помещение для самостоятельной работы аспирантов, подготовки публикаций, докладов, отчетов, презентаций и материалов диссертации).

Основное оборудование:

- Столы – 22 шт.
- Кресла – 22 шт.
- Технические средства обучения: ПК типа «моноблок» – 10 шт.

Кабинет для проведения групповых и индивидуальных консультаций.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Кабинет для проведения промежуточной и итоговой аттестации.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 1 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

При необходимости могут предусматриваться увеличение времени на подготовку ответа при промежуточной аттестации, индивидуальный график консультаций, применение дистанционных

образовательных технологий, электронных образовательных ресурсов и ассистивной помощи в порядке, установленном локальными нормативными актами ТюмГУ.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

12.1. Методические рекомендации по освоению дисциплины

1) Рассматривать дисциплину как инструмент углубленного освоения научных задач теплопереноса в флюидонасыщенных, пористых и мерзлых средах и как основу теоретического обоснования соответствующих разделов диссертационного исследования.

2) При изучении каждого раздела фиксировать связь рассматриваемых процессов с паспортом научной специальности 2.4.6.

3) Не ограничиваться формальным воспроизведением уравнений, а раскрывать физический смысл процессов, роль параметров среды, область применимости моделей, исходные допущения и ограничения расчетных зависимостей.

4) При выполнении самостоятельных работ использовать учебную литературу, современные научные статьи за последние 5 лет и, при необходимости, данные лабораторных или расчетных исследований.

5) При анализе темы диссертации выделять объект исследования, физические процессы, математическую или расчетно-экспериментальную модель, измеряемые и рассчитываемые параметры, ожидаемую научную новизну и соответствие паспорту специальности.

6) Не подменять задачи теоретической и прикладной теплотехники задачами автоматизированного управления, создания приборов или первичных преобразователей, если в работе отсутствует выраженная теплотехническая постановка задачи.

12.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

К каждому практическому или семинарскому занятию аспиранту рекомендуется заранее изучить соответствующий раздел лекционного материала, проработать базовые определения и уравнения, подготовить примеры применения рассматриваемых моделей и выписать вопросы, требующие обсуждения. При выполнении расчетных заданий необходимо явно формулировать физическую постановку задачи, исходные допущения, область применимости выбранной модели, размерности величин и интерпретацию результата.

12.3. Методические рекомендации по подготовке к дифференцированному зачету

Подготовка к дифференцированному зачету должна включать систематическое повторение разделов, связанных с теплофизическими и фильтрационными свойствами пористых сред, одно- и многофазной фильтрацией, неизотермическим переносом, фазовыми превращениями, теплопереносом в мерзлых и водонасыщенных средах, экспериментальными и расчетными методами исследования. Ответ на зачете должен быть логичным, физически содержательным и связанным с темой диссертационного исследования аспиранта.

При подготовке к зачету рекомендуется использовать следующую структуру ответа: определение явления, процесса, параметра или модели; физический смысл; объект или класс объектов; основные уравнения; параметры и размерности; допущения; начальные и граничные условия; область применимости; ограничения модели и источники погрешности; прикладной пример; связь с паспортом 2.4.6; связь с темой диссертационного исследования.

12.4. Методические рекомендации по оформлению самостоятельных работ

Самостоятельные работы оформляются в виде расчетно-аналитического задания, аналитического обзора, концепции расчетно-экспериментального исследования или итогового доклада (презентации). В работе должны быть указаны тема, цель, объект и предмет рассмотрения, исходные данные или исследовательская проблема, используемые методы, основные результаты, выводы и список использованных источников. При использовании результатов научных публикаций обязательны корректные ссылки на источники.