МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора института
горного дела и транспорта
А.А. Зубков
«02» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СЫРЬЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Маркшейдерское дело

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Логистики и управления транспортными системами
Курс	5
Семестр	10

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Логистика и управление транспортными системами
20.01.2026, протокол № 3

Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
02.02.2026 г. протокол № 5

Председатель _____ А.А. Зубков

Согласовано:
Зав. кафедрой Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных

_____ И.А. Гришин

Рабочая программа составлена:
зав. кафедрой ЛиУТС, канд. техн. наук _____ О.В. Фридрихсон

Рецензент:
Начальник отдела внешней логистики ООО «Караван Трейд», _____ А.С. Пенькова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2032 - 2033 учебном году на заседании кафедры Логистики и управления транспортными

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.В. Фридрихсон

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование у обучающихся системы теоретических знаний и практических навыков в области организации, технологии и управления процессами перемещения материальных потоков (сырья) в условиях воздействия дестабилизирующих факторов природного, техногенного и климатического характера, а также обеспечение безопасности и надежности логистических систем в зонах повышенного риска.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Транспортирование сырья в экстремальных условиях» входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в информационные технологии (Модуль общеобразовательных дисциплин)

Отечественная история (История России)

Основы экономики (Модуль общеобразовательных дисциплин)

Высшая математика (Модуль общетехнических дисциплин)

Цифровое моделирование (Модуль общетехнических дисциплин)

Инвестиционный анализ и управление рисками (Модуль профессиональных дисциплин)

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Транспортирование сырья в экстремальных условиях» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-11 Способен разрабатывать и реализовывать планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	
ОПК-11.1	Анализирует и критически оценивает результаты наблюдений техногенной нагрузки производства на окружающую среду при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов
ОПК-11.2	Разрабатывает и реализовывает план мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:
– контактная работа – 42,8 акад. часов:
– аудиторная – 42 акад. часов;
– внеаудиторная – 0,8 акад. часов;
– самостоятельная работа – 65,2 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.1 Введение. Понятие экстремальных условий транспортировки	10	2	4		7	Ознакомление со специальной литературой	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.2 Физико-механические свойства сырья и их изменение в экстремальных условиях		2	4		7	Ознакомление со специальной литературой	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.3 Транспортно-технологические системы для экстремальных условий		2	4		7	Ознакомление со специальной литературой, выполнение расчетов	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.4 Проектирование маршрутов и логистика в условиях неопределённости		2	4		7	Ознакомление со специальной литературой, выполнение расчетов	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.5 Безопасность и охрана труда при транспортировке в экстремальных условиях		2	4		10	Ознакомление со специальной литературой, выполнение расчетов	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.6 Экологическая безопасность и правовое регулирование		2	4		10	Ознакомление со специальной литературой, выполнение расчетов	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
1.7 Инновации и перспективы развития транспортировки сырья		2	4		17,2	Ознакомление со специальной литературой, выполнение расчетов	Устный опрос	ОПК-11.1 ОПК-11.2
Итого по разделу		14	28		65,2			
Итого за семестр		14	28		65,2		зачёт	
Итого по дисциплине		14	28		65,2		зачет	

5 Образовательные технологии

Для обеспечения наибольшей эффективности образовательного процесса в курсе данной учебной дисциплины используются в процессе обучения передовые образовательные технологии:

1) традиционные образовательные технологии (информационная лекция, лабораторные занятия);

2) технология проблемного обучения (проблемная лекция, лабораторные занятия в форме практикума, кейс-метода);

3) игровые технологии (ролевые и деловые игры);

4) технологии проектного обучения (творческий проект);

5) интерактивные технологии (семинар-дискуссия);

6) информационно-коммуникационные образовательные технологии (лекция-визуализация, лабораторные в форме презентации)

Лекционные занятия наряду с сообщением учебной информации предполагают и решение следующих дидактических задач: заинтересовать студентов изучаемой темой, раз-рушить неверные стереотипы, убедить в необходимости глубокого освоения материала, побудить к самостоятельному поиску и активной мыслительной деятельности, помочь совершить переход от теоретического уровня к прикладным знаниям в данной области.

Проведение групповых (лабораторных) занятий предполагает решение разнообразных дидактических задач: закрепление полученных знаний, формирование умения применять их на практике, совершенствование умения работать с информацией, анализировать, обобщать, принимать и обосновывать решения, аргументировано защищать собственные взгляды в дискуссии, взаимодействовать с другими членами группы в процессе обучения.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1.Полежаев, Ю. В. Материалы и покрытия в экстремальных условиях. Взгляд в будущее : монография : в 3 томах. Том 1. Прогнозирование и анализ экстремальных воздействий / Ю. В. Полежаев, С. В. Резник, Э. Б. Василевский [и др.] ; под ред. С. В. Резника. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2002. - 224 с. - ISBN 5-7038-1990-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2079714 (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

2/ Щербанин, Ю. А. Транспортно-логистическое обеспечение и международные перевозки углеводородного сырья : учебное пособие / Ю. А. Щербанин. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 288 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16- 005314-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1016604 (дата обращения: 12.09.20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Троицкая, Н. А. Перевозка специфических грузов на особых условиях : учебник / Н. А. Троицкая, С. С. Титова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 108 с. – ISBN 978-5-9729-2289-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2225910 (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Щелкунова, И. В. Разработка транспортного решения по организации перевозки экспортно-импортных грузов : учебное пособие к курсовой работе / И. В. Щелкунова, И. М. Басыров, Н. А. Конарева. - Москва : РУТ (МИИТ), 2024. - 98 с. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2251442 (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Щербанин, Ю. А. Транспортно-логистическое обеспечение и международные перевозки углеводородного сырья : учебное пособие / Ю. А. Щербанин. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 288 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-005314-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1016604 (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

Савельев, Б. В. Условия перевозки опасных грузов автомобильным транспортом : рабочая тетрадь к выполнению курсовой работы / Б. В. Савельев. - Омск : СибАДИ, 2022. - 30 с. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/2110887 (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Business Studio	Д №18У от 23.10.2007	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебные аудитории для проведения практических (лабораторных) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

3. Помещения для самостоятельной работы: обучающихся:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office (Libre office), выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

4. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Транспортирование сырья в экстремальных условиях» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде устного опроса, выступления на семинаре, дискуссии, проверки домашнего задания.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; выполнения домашних заданий.

Лабораторная 1. Анализ экстремальных условий региона (кейс-метод)
Цель: научиться идентифицировать и систематизировать дестабилизирующие факторы конкретного региона для последующего проектирования транспортировки.
Исходные данные: физическая карта региона, климатические справочники (температура, ветер, осадки), данные о сейсмичности, многолетней мерзлоте, статистика ЧС, инфраструктурная карта (дороги, порты, ж/д).
Методы решения:

- Картографический анализ и наложение слоёв.
- SWOT-анализ транспортной доступности региона.
- Балльная оценка факторов по шкале «вероятность — тяжесть».
- Составление паспорта условий региона.

Итоговый документ: паспорт экстремальных условий с ранжированием рисков.

Лабораторная 2. Исследование свойств сырья при низких/высоких температурах
Цель: определить, как температура влияет на транспортные характеристики сырья, и подобрать режим транспортировки.
Исходные данные: тип сырья (нефть, газ, уголь, руда), температурные зависимости вязкости, плотности, температуры застывания/вспышки, влажность.
Методы решения:

- Расчёт вязкости по эмпирическим зависимостям, например уравнение Вальтера:
  lg⁡lg⁡(ν+0,8)=a−blg⁡Tlglg(*ν*+0,8)=*a*−*b*lg*T*
- Расчёт теплопотерь при движении сырья по трубе:
  Q=k·π·D·L·ΔTср*Q*=*k*·*π*·*D*·*L*·Δ*T*ср
- Определение точки росы и условий гидратообразования (для газа).
- Построение графиков «температура — вязкость» и выбор режима подогрева.

Итог: рекомендации по температурному режиму и способу подготовки сырья.

Лабораторная 3. Расчёт трубопровода в условиях многолетней мерзлоты
Цель: выполнить тепловой и механический расчёт трубопровода, исключающий растепление грунта и деформации.
Исходные данные: диаметр и толщина стенки трубы, расход, температура продукта, свойства грунта (теплопроводность λ, температура мерзлоты), глубина заложения, длина участка.
Методы решения:

- Уравнение теплового баланса «труба — изоляция — грунт»:
  q=Tпр−TгрRиз+Rгр*q*=*R*из+*R*гр*T*пр−*T*гр
- Расчёт радиуса протаивания вокруг трубы (формула Стефана):
  R=2λ·ΔT·τL·ρ*R*=*L*·*ρ*2*λ*·Δ*T*·*τ*
- Проверка на продольные напряжения от температурных деформаций:

σ=E·α·ΔTσ=E·α·ΔT
- Подбор толщины теплоизоляции и типа прокладки (надземная/подземная).

Итог: схема прокладки с обоснованием изоляции и компенсаторов.

Лабораторная 4. Выбор подвижного состава для экстремальных условий
Цель: обоснованно выбрать транспортные средства под заданные условия и груз.
Исходные данные: масса и габариты груза, характеристики маршрута (уклон, грунт, снег, лёд), температурный диапазон, дальность, наличие инфраструктуры.
Методы решения:
- Расчёт силы тяги и сопротивления движению:
  Fтяги≥Fсопр=mg(fcosα+sinα)+FаэроFтяги≥Fсопр=mg(fcosα+sinα)+Fаэро
- Оценка проходимости по удельному давлению на грунт:
  p=mgSопорp=Sопорmg
- Сравнительная таблица вездеходов, ледоколов, арктических танкеров по грузоподъёмности, автономности, стоимости.
- Многокритериальный выбор (метод взвешенных оценок).

Итог: обоснование выбора 2–3 типов ТС с расчётами.

Лабораторная 5. Проектирование мультимодального маршрута
Цель: построить оптимальную схему доставки сырья с участием нескольких видов транспорта.
Исходные данные: пункты отправки и назначения, объём груза, доступные виды транспорта, тарифы, сроки, пропускная способность узлов.
Методы решения:
- Построение графа маршрутов (узлы — пункты перевалки, рёбра — участки).
- Задача о кратчайшем пути (алгоритм Дейкстры) по критерию «стоимость» или «время».
- Расчёт стоимости перевалки и потерь груза:
  Собщ=∑(Сперевозки+Сперевалки+Схранения+Спотерь)Cобщ=∑(Cперевозки +Cперевалки+Cхранения+Cпотерь)
- Проверка «узких мест» по пропускной способности.

Итог: схема маршрута с таблицей затрат и временем доставки.

Лабораторная 6. ГИС-моделирование маршрута доставки
Цель: освоить построение оптимального маршрута в геоинформационной среде с учётом пространственных ограничений.
Исходные данные: цифровая модель рельефа, слои дорог, водных преград, климатических зон, зон ЧС, охраняемых территорий.
Методы решения:
- Наложение тематических слоёв (overlay analysis).
- Построение стоимостной поверхности (cost surface) с весами по уклону, типу грунта, риску.
- Расчёт маршрута методом наименьшей стоимости (Least Cost Path).

Итог: карта маршрута с обоснованием выбора и альтернативами.

Лабораторная 7. Оценка рисков и построение матрицы вероятностей
Цель: количественно оценить риски транспортировки и ранжировать их для управления.
Исходные данные: перечень опасностей (авария, обледенение, разлив, нападение, срыв сроков), статистика или экспертные оценки вероятности и тяжести.
Методы решения:
- Матрица рисков «вероятность × тяжесть» (5×5).
- Расчёт интегрального риска:
  R=P·SR=P·S
  где P — вероятность, S — тяжесть последствий.

- Метод FMEA: приоритетное число риска:
  ПЧР=S·O·DПЧР=*S·O·D*
  (тяжесть, вероятность, обнаруживаемость).
- Построение карты рисков и плана мероприятий.

Итог: матрица рисков и перечень мер по снижению.

Лабораторная 8. Расчёт аварийного запаса и резервирования
Цель: определить необходимые объёмы резервов для бесперебойной доставки при сбоях.
Исходные данные: среднесуточное потребление, время доставки, вероятность задержки, стоимость хранения, объём складов.
Методы решения:

- Расчёт страхового запаса:
  Qстр=z·σd·L*Q*стр=*z·σd·L*
  где z — коэффициент уровня обслуживания, σ_d — СКО спроса, L — время поставки.
- Модель точки заказа:
  ROP=d·L+Qстр*ROP=d·L+Q*стр
- Имитационное моделирование сценария «срыв поставки» (Монте-Карло).
- Оценка затрат на хранение vs потерь от дефицита.

Итог: обоснованные объёмы резервов и график поставок.

Лабораторная 9. Разработка плана ликвидации аварии (ПЛА)
Цель: составить план действий при аварии с учётом специфики экстремальных условий.
Исходные данные: сценарий (разлив нефти в Арктике), объём разлива, погодные условия, доступные силы и средства, время реагирования.
Методы решения:

- Расчёт площади и скорости распространения разлива:
  S(t)=π·r2,r=k·t*S*(*t*)=*π·r*2,*r=k·t*
- Оценка времени прибытия спасателей:
  t=Lv+tподг*t=vL+t*подг
- Расстановка боновых заграждений, скиммеров, диспергентов.
- Составление алгоритма оповещения и эвакуации.
- Расчёт необходимых ресурсов (люди, техника, материалы).

Итог: ПЛА с картой, схемой расстановки и хронометражем.

Лабораторная 10. Расчёт средств индивидуальной защиты и жизнеобеспечения
Цель: обеспечить безопасность персонала через расчёт экипировки и запасов жизнеобеспечения.
Исходные данные: температура среды, ветер, длительность смены, физическая нагрузка, численность бригады.
Методы решения:

- Расчёт теплового баланса человека:
  Qтепл=M−W±R±C−E*Q*тепл=*M−W±R±C−E*
  где M — метаболизм, W — работа, R — радиация, C — конвекция, E — испарение.
- Определение требуемого термического сопротивления одежды (clo):
  Iclo=Tкожа−Tсреды0,155·Q*Iclo*=0,155·*QT*кожа−*T*среды
- Расчёт запасов кислорода, воды, пищи, топлива для обогрева.
- Подбор СИЗ по ГОСТ и климатическим поясам.

Итог: комплект экипировки и таблица запасов на смену/сутки.

Лабораторная 11. Экологическая оценка транспортного проекта
Цель: оценить воздействие транспортировки на окружающую среду и предложить меры минимизации.

Исходные данные: тип груза, объём перевозок, вид транспорта, характеристики экосистемы, нормативы ПДК и ПДВ.
Методы решения:

- Расчёт выбросов вредных веществ:
  Mi=gi·L·n$Mi=gi·L·n$
  где g_i — удельный выброс, L — пробег, n — число рейсов.
- Оценка ущерба почве и воде при разливе:
  У=∑(Hi·Si·K)У=∑($Hi·Si·K$)
- Метод оценки жизненного цикла (LCA) для транспортной цепочки.
- Разработка мероприятий: рекультивация, сбор отходов, мониторинг.

Итог: отчёт по экологической оценке с расчётами и рекомендациями.

Лабораторная 12. Правовой анализ и страхование груза
Цель: научиться юридически и финансово защищать транспортную операцию в экстремальных условиях.
Исходные данные: договор перевозки, инкотермс, условия страхования, перечень рисков, стоимость груза.
Методы решения:

- Анализ базисных условий поставки (Инкотермс 2020) и распределения ответственности.
- Разбор форс-мажорных оговорок и применимого права.
- Расчёт страховой премии:
  П=Сгруза·Тстрах·КрискаП=$Сгруза·Тстрах·Криска$
- Оценка франшизы и покрытия.
- Составление претензионного алгоритма.

Итог: правовое заключение и расчёт страхования.
Лабораторная 13. Цифровые технологии мониторинга груза
Цель: построить систему непрерывного контроля состояния груза и транспорта.
Исходные данные: параметры для контроля (температура, давление, влажность, GPS-координаты), пороговые значения, каналы связи.
Методы решения:

- Имитация работы IoT-датчиков (таблицы данных или программные эмуляторы).
- Настройка порогов и логики оповещения:
  Alarm=1, если X>Xmax или X<Xmin$Alarm=1$, если $X>Xmax$ или $X<Xmin$
- Построение временных рядов и выявление отклонений.
- Расчёт задержки сигнала и зоны покрытия связи.
- Визуализация на карте (трекинг).

Итог: прототип системы мониторинга с отчётом об отклонениях.

Лабораторная 14. Итоговый кейс: комплексный проект транспортировки
Цель: интегрировать все полученные навыки в единый логистический проект.
Исходные данные: заданное сырьё, регион, объём, сроки, бюджет, ограничения (выдаются преподавателем).
Методы решения:

- Выбор маршрута и вида транспорта (лаб. 4–6).
- Расчёт режимов и резервов (лаб. 2, 3, 8).
- Оценка рисков и разработка ПЛА (лаб. 7, 9).
- Экологическая и правовая оценка (лаб. 11, 12).
- Внедрение системы мониторинга (лаб. 13).
- Экономическое обоснование: NPV, срок окупаемости, себестоимость доставки.
- Оформление и защита проекта.

Итог: комплексный проект с презентацией и защитой.

Перечень вопросов к зачету:

1. Понятие экстремальных условий транспортировки сырья и их классификация.
2. Основные риски и критерии отказа транспортных систем в экстремальных условиях.
3. Нормативная база транспортировки сырья в экстремальных условиях.
4. Физико-механические свойства сырья и их изменение при низких температурах.
5. Влияние высоких температур, давления и влажности на транспортируемые свойства сырья.
6. Методы подготовки сырья к транспортировке в экстремальных условиях.
7. Классификация транспортно-технологических систем для экстремальных условий.
8. Специализированный подвижной состав: арктические танкеры, вездеходы, ледоколы.
9. Мультимодальные перевозки сырья в удалённые и труднодоступные регионы.
10. Автономные и роботизированные транспортные средства в экстремальной логистике.
11. Методы выбора маршрута транспортировки в условиях неопределённости.
12. ГИС-технологии и спутниковый мониторинг при планировании маршрутов.
13. Резервирование запасов и создание промежуточных баз в экстремальных условиях.
14. Сезонность и «окна доставки»: северный завоз, ледовые переправы.
15. Оценка профессиональных рисков при транспортировке в экстремальных условиях.
16. Средства индивидуальной и коллективной защиты, жизнеобеспечение экипажей.
17. Аварийные ситуации при транспортировке сырья и методы их ликвидации.
18. Планы ликвидации аварий (ПЛА) и аварийно-спасательные формирования.
19. Экологическая безопасность транспортировки сырья в хрупких экосистемах.
20. Международные и национальные требования к транспортировке опасных грузов.
21. Страхование грузов и ответственности, форс-мажор в экстремальных условиях.
22. Цифровизация и IoT-мониторинг грузов при транспортировке.
23. Беспилотные технологии и перспективы их применения в экстремальной логистике.
24. Методы оценки рисков и построение матрицы рисков (вероятность–тяжесть, FMEA).
25. Комплексный проект транспортировки сырья: этапы, критерии, экономическое обоснование.

Приложение 2

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-11 Способен разрабатывать и реализовывать планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов		
ОПК-11.1	Анализирует и критически оценивает результаты наблюдений техногенной нагрузки производства на окружающую среду при добыче	1. Какой показатель в первую очередь характеризует техногенную нагрузку на почвенно-растительный покров при транспортировке руды в условиях тундры? А) Уровень шума от двигателей Б) Площадь нарушенных (техногенных) земель на 1 км маршрута В) Количество рейсов в сутки Г) Масса перевезённого груза 2. По какой формуле оценивается валовый выброс вредного вещества при транспортировке сырья

<table>
<tr><th>Код индикатора</th><th>Индикатор достижения компетенции</th><th>Оценочные средства</th></tr>
<tr><td></td><td>и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов</td><td>автомобильным транспортом?
А) $M = g \cdot L \cdot n$
Б) $M = P \cdot S \cdot K$
В) $M = z \cdot \sigma \cdot \sqrt{L}$
Г) $M = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$
3. Для оценки скорости распространения разлива нефтепродукта при аварии на трубопроводе в Арктике используется зависимость:
А) $r = k \cdot \sqrt{t}$
Б) $r = k \cdot t^2$
В) $r = k / t$
Г) $r = k \cdot \ln(t)$
4. Какой метод позволяет комплексно оценить техногенную нагрузку на всех стадиях жизненного цикла транспортной цепочки?
А) Метод экспертных оценок
Б) SWOT-анализ
В) Оценка жизненного цикла (LCA)
Г) Метод Дельфи
5. Какое наблюдение при мониторинге трубопровода в зоне многолетней мерзлоты следует считать критическим отклонением?
А) Сезонное колебание температуры продукта в пределах регламента
Б) Превышение радиуса протаивания грунта над проектным значением
В) Плановое изменение расхода
Г) Смена оператора на диспетчерском пункте
Задача 1. Анализ данных мониторинга техногенной нагрузки на участке трубопровода
Условие. По участку магистрального трубопровода в зоне многолетней мерзлоты (Якутия) ведётся мониторинг. За 30 суток получены данные:
<table>
<tr><th>Параметр</th><th>Проектное значение</th><th>Фактическое (среднее)</th><th>Порог отклонения</th></tr>
<tr><td>Температура продукта, °C</td><td>+5</td><td>+14</td><td>±5</td></tr>
<tr><td>Радиус протаивания грунта, м</td><td>1,2</td><td>2,1</td><td>+0,5</td></tr>
<tr><td>Давление в трубе, МПа</td><td>6,0</td><td>6,1</td><td>±0,5</td></tr>
<tr><td>Обнаруженные утечки, л/сут</td><td>0</td><td>0,4</td><td>>0</td></tr>
</table>
Задание:
1. Проанализировать данные и выявить критические отклонения.
2. Оценить техногенную нагрузку на мерзлотный грунт и экосистему.
3. Сформулировать вывод о причинах отклонений и</td></tr>
</table>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		возможных последствиях. 4. Предложить направления для разработки плана мероприятий (переход к ОПК-11.2). Задача 2. Оценка техногенной нагрузки от транспортного парка Условие. Для вывоза руды с месторождения в условиях Крайнего Севера используется парк из 12 карьерных самосвалов. Удельный выброс сажи — 0,8 г/км, диоксида азота — 12 г/км, диоксида серы — 4 г/км. Средний пробег одного самосвала — 180 км/сут, число рабочих дней — 250 в году. Задание: 1. Рассчитать валовый годовой выброс по каждому веществу по формуле $M = g \cdot L \cdot n$. 2. Сравнить полученные значения с установленными нормативами ПДВ (условно: сажа — 5 т/год, NO_2 — 80 т/год, SO_2 — 25 т/год). 3. Дать критическую оценку техногенной нагрузки и определить вещества, по которым наблюдается превышение. 4. Указать, какие данные дополнительно необходимы для более точной оценки.
ОПК-11.2	Разрабатывает и реализовывает план мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	1. Какое мероприятие наиболее эффективно снижает техногенную нагрузку на мерзлотные грунты при транспортировке подогретого сырья? А) Увеличение скорости перекачки Б) Применение теплоизолированных труб и систем термостабилизации грунта В) Увеличение диаметра трубы Г) Снижение давления в трубопроводе 2. Что является приоритетным действием при разработке плана ликвидации аварии (ПЛА) с разливом нефти в Арктике? А) Немедленная эвакуация всего персонала Б) Локализация разлива боновыми заграждениями в первые часы В) Ожидание прибытия федеральных служб Г) Применение диспергентов без оценки последствий 3. Что включает в себя рекультивация нарушенных земель после транспортировки сырья? А) Только снятие плодородного слоя Б) Технический и биологический этапы восстановления В) Только высадку растений Г) Только засыпку карьеров 4. Какой принцип лежит в основе выбора наилучших доступных технологий (НДТ) для снижения техногенной нагрузки? А) Максимальная экономия затрат Б) Минимизация воздействия на среду при достижимом уровне технологии и экономической

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		целесообразности В) Использование только импортного оборудования Г) Полный отказ от транспортировки 5. Как настраивается система IoT-мониторинга для своевременного реагирования на техногенную нагрузку? А) Пороги задаются только по среднегодовым значениям Б) Alarm = 1, если X > X_max или X < X_min В) Оповещение формируется раз в месяц Г) Пороги задаются только для температуры Задача 1. Разработка плана мероприятий по снижению техногенной нагрузки при разливе нефти в Арктике Условие. На участке трубопровода в зоне тундры произошла авария с разливом нефти. Объём разлива — 25 м³, температура воздуха −28 °C, скорость ветра 8 м/с, расстояние до ближайшего населённого пункта — 90 км, до водоёма — 1,5 км. Время до прибытия аварийной бригады — 6 часов. Задание: 1. Рассчитать радиус распространения разлива к моменту прибытия бригады (k = 0,6). 2. Разработать план мероприятий по снижению техногенной нагрузки (не менее 6 мероприятий). 3. Указать ответственных исполнителей, сроки и необходимые ресурсы. 4. Предложить критерии оценки эффективности реализованного плана. Задача 2. Разработка плана мероприятий по снижению техногенной нагрузки при строительстве подземного объекта Условие. Планируется строительство подземного транспортного тоннеля для перемещения руды в условиях многолетней мерзлоты. Проектные параметры: длина — 4 км, глубина — 60 м, температура пород — −6 °C, ожидаемое водоприток — 15 м³/ч. Задание: 1. Определить основные источники техногенной нагрузки на окружающую среду при строительстве и эксплуатации объекта. 2. Разработать план мероприятий по снижению нагрузки (не менее 6 мероприятий). 3. Обосновать выбор технологий по принципу НДТ. 4. Определить состав системы мониторинга (параметры, периодичность, пороги).

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Транспортирование сырья в экстремальных условиях» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, а также практические работы, выявляющие

степень сформированности умений и владений.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной (письменной) форме, включает в себя два теоретических вопроса (вариант комплексного тестового задания) и решение практической задачи.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку «**зачтено**» – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «**незачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 50% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения типовых кейсов.