

**Учреждение образования**  
**«Международный государственный экологический институт**  
**имени А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ

О.И. Родькин

6. 2025 г.

Регистрационный № 40-49-2025/4217

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ,**  
**МОДУЛЮ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В ТЕХНИКЕ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ**  
**СРЕДЫ**

специальности переподготовки 9-09-0711-08 Инженерная экология

квалификация: инженер

в соответствии с примерным учебным планом по специальности  
переподготовки, утвержденным 04 августа 2023 г. № 25-13/274

Минск, 2025

Разработчики программы:

- Е.М. Минченко, заместитель начальника научно-исследовательского отдела Государственного учреждения образования «Институт бизнеса Белорусского государственного университета»;
- К.М. Мукина, доцент кафедры экологического мониторинга и менеджмента учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат географических наук, доцент

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой дополнительного образования факультета повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

Протокол заседания от 23 июня 2025 г. № 11.

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

Протокол заседания от 25 июня 2025 г. № 9

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебная программа дисциплины «Процессы и аппараты в технике защиты окружающей среды» предназначена для подготовки слушателей по специальности переподготовки 9-09-0711-08 «Инженерная экология».

Дисциплина «Процессы и аппараты в технике защиты окружающей среды» предназначена для приобретения знаний и представлений об основных загрязнителях и способах защиты окружающей среды от вредного воздействия хозяйственной деятельности человека.

Основными задачами дисциплины являются ознакомить слушателей с методами моделирования химико-технологических процессов, структурой потоков и их нахождением в аппаратах; развить умение подбирать необходимое оборудование для снижения воздействия на окружающую среду, изучение взаимосвязей процессов, происходящих при очистке отдельных загрязнителей, дать знания о закономерностях и принципах расчета тепловых и массообменных процессов и аппаратов.

### **Основные требования к результатам учебной деятельности слушателей**

В результате изучения дисциплины слушатель должен:

Слушатель должен *знать*:

- объекты, методы и принципы инженерной защиты окружающей среды;
- характеристики воздействий ведущих отраслей промышленности на окружающую среду;
- закономерности распространения вредных выбросов в окружающей среде;
- основы эколого-экономического подхода к решению экологических проблем;
- методы и аппараты защиты окружающей среды от загрязнений;
- методы моделирования химико-технологических процессов, структуры потоков и распределение во времени их нахождения в аппаратах.

*уметь*:

- прогнозировать и оценивать последствия антропогенных и природных воздействий на окружающую среду и социальную среду;
- подбирать необходимое оборудование для снижения воздействия на окружающую среду;
- обосновывать параметры компенсационных и защитных мероприятий и сооружений.

*владеть*:

- методами расчёта прочности, устойчивости и надёжности аппаратов и сооружений инженерной защиты окружающей среды;
- методами расчёта уровня загрязнений окружающей среды промышленными выбросами;
- методами оценки эффективности мероприятий инженерной защиты окружающей среды.

### **Формируемые компетенции в рамках учебной дисциплины**

Переподготовка специалиста должна обеспечивать формирование следующих специализированных компетенций:

СП 12. Знать основы методов моделирования химико-технологических процессов, структуры потоков и распределение во времени их нахождения в аппаратах;

СП 13. Знать методы и оборудование для разделения неоднородных систем;

СП 14. Знать основные закономерности и принципы расчета тепловых и массообменных процессов и аппаратов;

### **Методы и средства реализации содержания учебной программы**

Основными методами реализации содержания учебной программы являются:

- элементы организации и осуществления учебно-познавательной деятельности (словесные, наглядные, практические, элементы самостоятельной работы слушателей);
- элементы стимулирования и мотивации учебной деятельности (учебные дискуссии);
- элементы контроля и самоконтроля в обучении (индивидуальный опрос).

Для демонстрации лекционного материала используются технические средства: ноутбук, телевизор, а также электронные средства обучения (интернет источники, онлайн-платформы, мультимедийные учебники и др.), используемые для выполнения самостоятельных работ

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка докладов по индивидуальным темам.

Оценка уровня освоения слушателями дисциплины осуществляется по результатам:

- устного опроса всех слушателей на практических занятиях для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины,
- анализа и обсуждения подготовленных слушателями докладов по темам для самостоятельного изучения,
- самостоятельного выполнения индивидуальных заданий.

Учебная программа дисциплины рассчитана для заочной формы обучения на 40 часов, в том числе – 20 часов аудиторных занятий, самостоятельная работа – 20 часов; для вечерней очной формы обучения на 40 часов, в том числе – 24 часа аудиторных занятий, самостоятельная работа – 16 часов; форма промежуточной аттестации – зачет.

Распределение аудиторных часов по видам занятий для заочной формы обучения:

- лекции — 14 часов;
- практические занятия — 6 часов.

Распределение аудиторных часов по видам занятий для вечерней очной формы обучения:

лекции — 12 часов;

практические занятия — 12 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**  
**учебной дисциплины**  
**(вечерняя очная форма обучения)**

Наименования разделов, модулей дисциплин, тем и форм текущей, промежуточной аттестации	Количество учебных часов										Этапы	Кафедра
	ВСЕГО	распределение по видам занятий								самостоятельная работа		
		аудиторные занятия										
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	круглые столы, тематические дискуссии	лабораторные занятия	деловые игры	тренинги	конференции			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Процессы и аппараты защиты окружающей среды	6	2	2							2	1	Кафедра дополнительного образования
Аппараты для очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков	6	2	2							2	1	
Защита окружающей среды от воздействия отходов производства и потребления	6	2	2							2	1	
Сооружения и мероприятия охраны воздушного бассейна.	4	2								2	1	
Методы снижения загрязнения окружающей среды автотранспортом	4	2								2	1	
Методы и средства защиты от физического загрязнения	4	2								2	1	
Расчет эффективности очистки сточных вод.	4		2							2	1	
Расчет и обоснование нормативов допустимых сбросов в водный объект.	4		2							2	1	
Расчет полигона размещения отходов производства.	2		2								1	
Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине	Зачет										1	

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**  
**учебной дисциплины**  
**(заочная форма обучения)**

Наименования разделов, модулей дисциплин, тем и форм текущей, промежуточной аттестации	Количество учебных часов										Этапы	Кафедра
	ВСЕГО	распределение по видам занятий								самостоятельная работа		
		аудиторные занятия										
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	круглые столы, тематические дискуссии	лабораторные занятия	деловые игры	тренинги	конференции			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Процессы и аппараты защиты окружающей среды	4	2								2	3	Кафедра дополнительного образования
Аппараты для очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков	8	4								4	3	
Защита окружающей среды от воздействия отходов производства и потребления	4	2								2	3	
Сооружения и мероприятия охраны воздушного бассейна.	4	2								2	3	
Методы снижения загрязнения окружающей среды автотранспортом	4	2								2	3	
Методы и средства защиты от физического загрязнения	4	2								2	3	
Расчет эффективности очистки сточных вод.	4		2							2	3	
Расчет и обоснование нормативов допустимых сбросов в водный объект.	4		2							2	3	
Расчет полигона размещения отходов производства.	4		2							2	3	
Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине	Зачет										3	

# **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**

## **Тема 1. Процессы и аппараты защиты окружающей среды**

Общие сведения о методах, принципах моделирования химико-технологических процессов, структуре потоков и распределение во времени их нахождения в аппаратах. Принципы расчета и конструирования аппаратов защиты окружающей среды.

Общие сведения о природоохранных мероприятиях и сооружениях. Понятие природоохранных мероприятий. Классификация природоохранных мероприятий. Основные направления совершенствования конструкций и методов расчёта различных природоохранных сооружений. Требования к природоохранным сооружениям.

## **Тема 2. Аппараты для очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков**

Состав сточных вод и необходимость их очистки. Методы очистки сточных вод. Сооружения станций очистки сточных вод. Конструкции очистных сооружений: механической очистки, биологической очистки. Сооружения для очистки сточных вод промышленных предприятий. Местные установки для очистки сточных вод. Смесители и рассеивающие выпуски сточных вод.

Механические способы обработки сточных вод. Отстаивание. Песколовки. Жироуловители и нефтеловушки. Конструкции отстойников. Фильтрование. Типы фильтровальных перегородок. Устройство фильтров для очистки сточных вод. Центробежные методы. Центрифугирование. Конструкции центрифуг. Сепараторы. Гидроциклоны. Химическая очистка сточных вод. Методы нейтрализации. Перевод примесей в малорастворимые соединения. Физико-химические методы очистки сточных вод. Флотация. Коагуляция и флокуляция. Баромембранные процессы. Обратный осмос. Ультрафильтрация. Экстракция. Сорбционные методы. Ионообмен. Биохимическая очистка сточных вод. Аэробные методы. Биологические пруды. Биофильтры. Аэротенки. Метантенки. Деструктивные методы обезвреживания жидких отходов. Термоокислительная очистка сточных вод. Парофазное и жидкофазное окисление.

## **Тема 3. Защита окружающей среды от воздействия отходов производства и потребления**

Общие сведения об отходах предприятий различного назначения. Отходы производства и потребления. Классификации отходов. Классы опасности отходов. Основные технологические принципы утилизации, обезвреживания и захоронения отходов. Процессы переработки отходов: физические, химические, физико-химические, биохимические и комбинированные. Методы измельчения твердых отходов. Физико-химические основы измельчения. Классификация способов измельчения. Методы разделения и обогащения твердых отходов. Классификация и сортировка измельченных материалов. Смешение твердых материалов. Смесители с вращающимися рабочими органами. Смесители центробежного



действия. Пневмосмесители. Вибросмесители. Методы обезвреживания твердых отходов. Термическое обезвреживание. Прямое сжигание. Установки для сжигания твердых отходов. Складирование и захоронение твердых отходов. Особенности обезвреживания токсичных и радиоактивных отходов. Размещение и устройство полигонов. Утилизация твердых промышленных отходов. Пиролиз полимерных твердых отходов. Утилизация пластмасс и эластомеров. Переработка твердых бытовых отходов. Установки для компостирования отходов.

Технологический цикл обработки осадков сточных вод. Илоуплотнители. Сооружения анаэробного сбраживания и аэробной стабилизации осадков. Иловые площадки. Установки механического обезвреживания осадков, термической сушки и сжигания осадков. Утилизация осадков сточных вод. Уплотнение, стабилизация и кондиционирование осадков.

#### **Тема 4. Сооружения и мероприятия охраны воздушного бассейна.**

Мероприятия по защите атмосферного воздуха. Методы очистки выбросов и газообразных примесей. Улавливание твёрдых веществ из газовых и дымовых выбросов промышленных предприятий (характеристики твёрдых примесей; параметры процесса пыле-, золоулавливания; виды и принципы работы очистного оборудования и сооружений; сухие и мокрые пылеуловители; электрофильтры; воздушные фильтры, туманоуловители).

#### **Тема 5. Методы снижения загрязнения окружающей среды автотранспортом**

Загрязнение окружающей среды автотранспортом предприятия. Процессы горения топлива. Состав отработавших газов карбюраторных и дизельных двигателей. Факторы, влияющие на образование токсичных веществ в выхлопных газах. Повышение экологичности автотранспорта: Использование дизельных двигателей, использование альтернативных топлив, использование нетрадиционных двигателей, совершенствование конструкций автомобилей, нейтрализация отработавших газов.

#### **Тема 6. Методы и средства защиты от физического загрязнения**

Классификация энергетических загрязнений. Производственный шум: механизм явления, нормирование и методы защиты. Ориентировочные уровни шума (шкала). Понятия: звуковое давление, интенсивность звука, мощность источника. Нормирование шума: предельно допустимые уровни воздействия шума. Сравнение уровней шумового воздействия транспортных средств на окружающую среду. Вибрация: механизм явления, нормирование и методы защиты. Электромагнитное загрязнение окружающей среды: опасность, оценка, технические средства защиты. Шкала электромагнитных волн. Техногенные источники электромагнитного загрязнения. Предельно допустимые уровни электромагнитных полей. Нормативы продолжительности работы на ПЭВМ. Защита от электромагнитных полей расстоянием: границы санитарной зоны вдоль трассы высоковольтных линий

электропередач; санитарно-защитные зоны радио- и телестанций. Защита временем от электромагнитных излучений. Экранирование.

### **Перечень тем практических занятий.**

1. Расчет эффективности очистки сточных вод.
2. Расчет и обоснование нормативов допустимых сбросов в водный объект.
3. Расчет полигона размещения отходов производства.

### **Темы для самостоятельной работы**

1. Методы очистки сточных вод от гальванического производства.
2. Установки по очистке сточных вод для предприятия целлюлозно-бумажной промышленности.
3. Принцип работы биогазовой установки.
4. Очистка сточных вод на мясоперерабатывающих предприятиях.
5. Очистка выбросов от аммиака.
6. Очистки выбросов промышленных производств от углеводов.
7. Озоновые установки для очистки сточных вод.
8. Методы очистки радиоактивных газов и аэрозолей.
9. Методы очистки воды от радиоактивных загрязнений.
10. Очистка сточных вод молочных производств.+ современные подходы.
11. Современные системы фильтрации воды.
12. Промышленная вентиляция: классификация и характеристика.
13. Оборудование систем водоотведения и сооружений очистки вод.
14. Термические методы очистки сточных вод: концентрирование, выделения веществ из концентрированных растворов.
15. Термические методы очистки сточных вод: термоокислительные методы обезвреживания.
16. Экономические показатели пылеулавливающих установок.
17. Расчет и выбор электрофильтра.
18. Значение вентиляции и ее классификация по способу создания воздухообмена.
19. Естественная вентиляция (инфильтрация, аэрация, использование дефлекторов).
20. Искусственная вентиляция: общеобменная (приточная, вытяжная, приточно-вытяжная), местная, смешанная, аварийная и системы кондиционирования.

Результаты самостоятельной работы контролируются с помощью: устного опроса во время занятий; подготовки и выступления слушателя с докладом; в ходе промежуточной аттестации.

# **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СЛУШАТЕЛЕЙ**

## **Вопросы для проведения зачёта**

1. Классификация видов загрязнений окружающей среды.
2. Дать определение природоохранным мероприятиям.
3. Виды природоохранных мероприятий.
4. Основные требования к природоохранным сооружениям.
5. Как определить природоохранных сооружений?
6. Каковы общие принципы создания природоохранных сооружений.
7. Какие организационно-планировочные мероприятия по снижению загрязнения атмосферы.
8. В чём заключается рациональное размещение предприятий?
9. Основные водоотводящие природоохранные сооружения.
10. Состав сточных вод и необходимость их очистки.
11. Основные методы очистки сточных вод.
12. Конструкции очистных сооружений механической очистки
13. Конструкции очистных сооружений биологической очистки.
14. Локальные установки для очистки сточных вод.
15. Сооружения доочистки сточных вод от азота и фосфора.
16. Обеззараживание сточных вод.
17. Виды и свойства осадков сточных вод.
18. Принцип работы илоуплотнителей.
19. Сооружения анаэробного сбраживания и аэробной стабилизации осадков. Иловые площадки.
20. Установки механического обезвоживания осадков,
21. Установки термической сушки и сжигания осадков.
22. Утилизация осадков сточных вод.
23. Мероприятия и сооружения для защиты территорий от затопления.
24. Понятие дамбы обвалования.
25. Основные берегоукрепительные мероприятия и сооружения
26. Виды накопителей промышленных отходов.
27. Выбор площадки для расположения накопителей отходов.
28. Как обеспечить надёжность и безопасность сооружений накопителей отходов.
29. Основные мероприятия по защите атмосферного воздуха.
30. Методы очистки выбросов и газообразных примесей.
31. Основные методы снижения загрязнения окружающей среды автотранспортом.
32. Способы повышение экологичности автотранспорта.
33. Основные методы и средства защиты от шума.
34. Основные методы и средства защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды.
35. Цели и задачи экологической паспортизации.
36. Порядок разработки, согласования и утверждения экологического паспорта предприятия.

# ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ

## Основная литература

1. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. [2-е изд., исправленное и дополненное]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. – 295 с.
2. Мархоцкий, Я. Л. Основы экологии и энергосбережения : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск : Вышэйш. шк., 2014. – 286 с.

## Дополнительная литература

1. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. — 414 с.
2. Ветошкин, А. Г. Основы инженерной экологии / А. Г. Ветошкин – Москва, 2018. - 332 с.
3. Войтов, И. В. Научные основы анализа и прогнозных оценок состояния природопользования и охраны окружающей среды как основных функций экологобезопасной "зеленой" экономики / И. В. Войтов ; УО "Белорусский государственный технологический университет". — Минск : БГТУ, 2017. - 578 с.
4. Каракеян, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебник и практикум для вузов / В. И. Каракеян, В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 544 с.
5. Корчевский, А. Н. Экология отраслевого производства: учебник / А. Н. Корчевский, В. Г. Самойлик, А. Е. Воробьев. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 168 с.
6. Легкий, В. И. Процессы, аппараты и техника защиты окружающей среды. Ч. I. Очистка промышленных сточных вод: учебное пособие / В. И. Легкий, И. Н. Липунов, А. Ф. Никифоров, И. Г. Перова– Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2016. – 234 с.
7. Мархоцкий, Я. Л. Основы экологии и энергосбережения : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. Минск : Вышэйш. шк., 2014. 286 с.
8. Попов, М. А. Инженерная защита окружающей среды. Учебное пособие. –Москва : МГУП, 2006. –492 с.
9. Самсонов, В. Т. Обеспыливание воздуха в промышленности: методы и средства [Электронный ресурс]: монография / В. Т. Самсонов. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 234 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>
10. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Мн. : Выш. шк., 2001. – 343 с.
11. Яковлев, В. А. Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов: учебно-методическое пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2018. - 44 с.