Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.3 Экотоксикология»

Уровень высшего образования

СПЕЦИАЛИТЕТ

Специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

(код и наименование специальности)

Аналитическая химия

(наименование направленности (профиля)/специализации образовательной программы)

Квалификация

Химик. Преподаватель химии

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.3 Экотоксикология*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра химии
наименование кафедры

протокол № 5 от "14" января 2025 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра химии — подпись — Е.В. Сальникова
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Заведующий кафедрой
химии — подпись — Е.В. Сальникова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Доцент — подпись — Е.А. Осипова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по специальности
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия — Е.В. Сальникова
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
главный библиограф — Т.С. Гончарова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
химико-биологического — А.Н. Сизенцов
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации 192927

© Сальникова Е.В., 2025
Осипова Е.А., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся системы знаний об экотоксикантах и их действии на живые организмы, выработка практических навыков обнаружения и выявления экотоксикантов в природных средах.

Задачи:

– изучение основных классов веществ, загрязняющих природные экосистемы;

– исследование действия токсических веществ на биологические системы организменного, популяционного и биоценотического уровней;

– получение теоретических сведений о поступлении, трансформации, и удалении экотоксикантов из объектов окружающей среды;

– исследование динамики изменений биологических параметров популяций и сообществ в условиях токсикологического стресса;

– ознакомление с методами биоиндикации и биотестирования, экологического нормирования, химико-аналитическими методами контроля содержания экотоксикантов в объектах окружающей среды.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.22 Аналитическая химия, Б1.Д.Б.26 Химические основы биологических процессов*

Постреквизиты дисциплины: *Б2.П.В.П.3 Научно-исследовательская работа, Б2.П.В.П.4 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК*-1-В-1 Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК*-1-В-2 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	**Знать:** - основные методы сбора, обработки, анализа и обобщения результатов научных экспериментов; - основные правила составления плана исследования **Уметь:** - проводить научные исследования по сформулированной тематике; - самостоятельно составлять план исследования и получать

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		новые научные и прикладные результаты **Владеть:** - навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера; - технологиями планирования научных исследований.
ПК*-7 Способен использовать аналитические методы исследования в анализе различных объектов	ПК*-7-В-1 Осуществляет подбор аналитических методов исследования объектов исходя из доступного оборудования и реактивов ПК*-7-В-2 Осуществляет отбор проб и пробоподготовку по стандартным методикам ПК*-7-В-3 Проводит исследования различных объектов аналитическими методами	**Знать:** - аналитические методы исследования объектов с помощью доступного оборудования и реактивов; **Уметь:** - осуществлять отбор проб и пробоподготовку по стандартным методикам; **Владеть:** - способностью использовать аналитические методы исследования в анализе различных объектов

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	9 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**84,25**	**84,25**
Лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	50	50
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- написание реферата;* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к коллоквиумам;*	**59,75**	**59,75**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	9 семестр	всего
- подготовка к рубежному контролю)		
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Предмет и задачи экотоксикологии		4			6
2	Основные токсиканты в природных средах (почве, воде, воздухе)		4			10
3	Источники токсикантов		4			8
4	Поведение токсикантов в природных сферах и живых организмах		4			10
5	Уровни загрязнения среды токсикантами		4			6
6	Методы контроля содержания токсикантов в природных средах		6			10
7	Пути снижения воздействия токсикантов на природные объекты		6			10
	Итого:	144	34		50	60
	Всего:	144	34		50	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раздела 1 Предмет и задачи экотоксикологии

Экотоксикология. История развития. Предмет и главные задачи экотоксикологии. Связь с другими науками: токсикологией, популяционной экологией, экологической химией, мониторингом окружающей среды, экологической экспертизой, охраной окружающей среды, аналитической химией. Основные понятия экотоксикологии: «загрязнение окружающей среды», поллютант, ксенобиотик. Ксенобиотический профиль среды. Токсикант. Проблема определения яда. Основные токсикометрические характеристики. Превращения токсичных веществ в окружающей среде. Абиотическая и биотическая трансформация. Концентрация и доза яда. Пороги физиологического и токсикологического действия. Летальная концентрация, доза. Зона острого, хронического, специфического действия токсиканта. Кумуляция токсиканта, коэффициент кумуляции. ПДК. ПДД. Токсичность и опасность ядов. Классификация ядов по степени токсичности и опасности. «Коэффициенты запаса».

№ раздела 2 Основные токсиканты в природных средах (почве, воде, воздухе)

Введение и общая классификация поллютантов. Понятие экотоксиканта. Источники поступления. Глобальные и локальные токсиканты. Токсиканты в атмосфере (воздушная среда). Специфика среды. Газообразные приоритетные загрязнители. Взвешенные частицы. Озон. Токсиканты в гидросфере (водная среда). Специфика среды. Нефть и нефтепродукты. Синтетические поверхностно-активные веществ (СПАВ). Пестициды и агрохимикаты. Специфические поллютанты. Токсиканты в литосфере (почвенная среда). Специфика среды. Тяжелые металлы. Кислые и щелочные компоненты. Промышленные отходы. Межсредовые переходы. Круговорот токсикантов.

№ раздела 3 Источники токсикантов

Введение и общая классификация источников. Понятие источника экотоксикантов (естественные и антропогенные). Пространственная классификация. Временной режим.

Естественные (природные) источники токсикантов (Вулканическая активность, Геохимические провинции, Биогенные источники). Антропогенные источники: Промышленность и Энергетика. Черная и цветная металлургия. Химическая и нефтехимическая промышленность. Горнодобывающая промышленность. Транспорт и Сельское хозяйство. Коммунально-бытовой сектор и Военная деятельность.

№ раздела 4 Поведение токсикантов в природных сферах и живых организмах

Экокинетика и токсикокинетика. Факторы, определяющие поведение токсиканта. Поведение токсикантов в абиотических сферах (Экокинетика). Процессы миграции и перераспределения. Процессы абиотической трансформации. Переход токсикантов из среды в биоту. Биодоступность. Процессы накопления (Биоконцентрирование, Биоаккумуляция, Биомагнификация (биоувеличение). Судьба токсикантов внутри организма (Токсикокинетика). Пути поступления. Распределение и депонирование. Биотрансформация (метаболизм ксенобиотиков). Экскреция (выведение).

№ раздела 5 Уровни загрязнения среды токсикантами

Понятие об уровнях и масштабах загрязнения. Терминология: «Норма», «Загрязнение», «Критический уровень», «Экологическое бедствие». Классификация загрязнений по пространственному масштабу (локальный уровень, региональный уровень, глобальный уровень). Фоновое загрязнение и точка отсчета. Естественный (природный) фон. Глобальный фоновый уровень. Критерии антропогенного вклада. Нормативные уровни загрязнения (Гигиенический подход). Система ПДК (Предельно допустимых концентраций). Критерии ВЗ и ЭВЗ (Высокого и Экстремально высокого загрязнения). Экологические уровни загрязнения (Экосистемный подход). Концепция критических нагрузок. Зонирование территорий по степени экологического неблагополучия. Интегральные показатели уровней загрязнения. Комплексные индексы: *Атмосфера*: ИЗА (Индекс загрязнения атмосферы). *Гидросфера*: ИЗВ (Индекс загрязнения вод), УКИЗВ (Удельный комбинаторный индекс загрязнения вод). *Литосфера*: Суммарный показатель загрязнения почв тяжелыми металлами.

№ раздела 6 Методы контроля содержания токсикантов в природных средах

Система экологического контроля и аналитического мониторинга. Цели контроля. Структура аналитического контроля. Классификация методов. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Хроматографические, спектральные, спектрометрические и электрохимические методы.

Стадия пробоотбора и пробоподготовки как критический этап. Правила отбора репрезентативных проб (воды, воздуха, почвы, биоматериала). Методы концентрирования и экстракции токсикантов: твердофазная экстракция (ТФЭ), жидкостно-жидкостная экстракция, микроволновое разложение почв. Ошибки на этапе пробоподготовки и их влияние на конечный результат.

Биологические методы контроля. Биотестирование (лабораторный метод): определение токсичности сред с помощью стандартных тест-объектов (дафнии, инфузории, люминесцентные бактерии, кресс-салат); преимущество: оценка *интегральной* токсичности смеси веществ без необходимости идентифицировать каждый компонент. Биоиндикация (полевой метод): оценка состояния среды по наличию, обилию или поведению организмов-индикаторов в естественной среде (лихеноиндикация воздуха, индекс Майера для оценки чистоты водоемов). Биомаркеры: использование биохимических и физиологических ответов организмов (например, ингибирование ацетилхолинэстеразы пестицидами, индукция металлотионеинов тяжелыми металлами).

Сравнительный анализ и интеграция методов. Плюсы и минусы химического анализа (точный, но дорогой; не учитывает синергизм) и биологического анализа (быстрый, интегральный, но не называет конкретное вещество). Концепция сопряженного (химико-биологического) мониторинга.

№ раздела 7 Пути снижения воздействия токсикантов на природные объекты

Стратегия защиты окружающей среды. Иерархия подходов к снижению экотоксикологической нагрузки (предотвращение образования токсикантов (самый эффективный путь), минимизация выделения и локализация в источнике, очистка отходящих газов, сточных вод и рекультивация почв).

Концепция наилучших доступных технологий (НДТ) как основа современной экологической политики. Технологические и инженерные методы предотвращения загрязнения. Зеленая химия (Green Chemistry): разработка экологически безопасных химических процессов и продуктов. Замена опасных растворителей и реагентов на нетоксичные аналоги.

Модернизация производств: внедрение замкнутых циклов водоснабжения (нулевой сброс сточных вод), переход на альтернативные виды топлива (водородная энергетика, ВИЭ) и сырья, замена стойких пестицидов в сельском хозяйстве на биологические методы защиты растений (энтомофаги, биопрепараты).

Методы очистки эмиссий в источнике (локализация). Снижение воздействия на атмосферу: механическая очистка: циклоны, тканевые фильтры. Химическая и физико-химическая очистка: скрубберы, абсорберы, каталитическое дожигание. Снижение воздействия на гидросферу: механические и физико-химические методы: отстаивание, флотация, коагуляция (удаление нефтепродуктов, взвесей). Химические методы: нейтрализация кислых/щелочных стоков, окисление (озонирование, хлорирование) стойкой органики; биологическая очистка: аэротенки, метантенки (разложение органических экотоксикантов с помощью активного ила и бактерий).

Методы санации и рекультивации загрязненных сред (In-situ и Ex-situ). Рекультивация загрязненных почв: ф*изико-химические методы*: промывка почв, термическая десорбция, витрификация (остекловывание радиационных отходов). Б*иоремедиация*: использование аборигенной или специализированной микрофлоры для деструкции углеводородов (нефти); ф*иторемедиация*: применение растений для очистки сред. Ф*итоэкстракция* – накопление тяжелых металлов в надземной части растений с последующим скашиванием и сжиганием. Ф*итостабилизация* – перевод токсикантов в малоподвижную, безопасную форму в корневой зоне. Восстановление водных объектов: аэрация водоемов, известкование закисленных озер, сорбционная очистка донных отложений.

Административно-управленческие и правовые инструменты. Экологическое нормирование: установление жестких квот на выбросы/сбросы (ПДВ, НДС) и лимитов на размещение отходов. Экономические механизмы: система штрафов за сверхнормативное загрязнение, налоговые льготы для предприятий, внедряющих экотехнологии. Международные соглашения: Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, Минаматская конвенция по ртути.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Анализ тяжёлых металлов в биоматериале: экотоксикологическая оценка	12
2	2	Определение летучих экотоксикантов газохроматографическим методом с изолированием дистилляцией	12
3	3	Определение неорганических экотоксикантов (нитриты, нитраты, кислоты, щёлочи) методом водной экстракции	6
4	3	Определение фармацевтических экотоксикантов методом тонкослойной хроматографии после экстракции и сорбции	6
5	4	Анализ распространения и трансформации пестицидов в экосистемах.	6
6	6	Экстракционное и сорбционное изолирование пестицидов из различных объектов исследования	6
7	6	Экотоксикологический контроль содержания загрязняющих веществ, не требующих специальных методов изоляции Выявление экотоксикантов без применения сложных методов изолирования	2
		Итого:	50

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Баширов, В. Д. Практикум по промышленной токсикологии [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700.68 Техносферная безопасность / В. Д. Баширов, В. В. Быстрых; М-

во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.67 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2013. - 106 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/4026_20140109.pdf

2. Тарасова, Т. Ф. Техногенные системы и экологический риск [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Химия и по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия / Т. Ф. Тарасова, Е. В. Сальникова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2024. - ISBN 978-5-7410-3294-7. - 117 с.

Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/208219_20240624.pdf

3. Тарасова, Т. Ф. Экологический мониторинг [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование, 20.03.01 Техносферная безопасность, 05.04.06 Экология и природопользование, 20.04.01 Техносферная безопасность / Т. Ф. Тарасова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.02 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2022. - 136 с. -. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/172020_20220627 - ISBN 978-5-7410-2835-3.

5.2 Дополнительная литература

1. Тарасова, Т.Ф. Техногенные системы и экологический риск [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлениям подготовки 04.03.01 Химия, 20.03.01 Техносферная безопасность / сост.: Т. Ф. Тарасова, Е. В. Сальникова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. химии. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.42 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2022. - 43 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/166957_20220609.pdf

2. Гарицкая, М. Ю. Мониторинг почв [Электронный ресурс] : практикум для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование, 20.03.01 Техносферная безопасность и 20.04.01 Техносферная безопасность / М. Ю. Гарицкая, А. А. Шайхутдинова, Т. Ф. Тарасова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.27 Мб). - Оренбург : ОГУ,2017. - 138 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1805-7. - № гос. регистрации 0321900034. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/47330_20170704.pdf

3. Тарасова, Т.Ф. Мониторинг атмосферного воздуха и почвенного покрова: методические указания к лабораторному практикуму /Т.Ф. Тарасова, Л.Г. Гончар, Г.В. Зинюхин. - Оренбург: Изд-во ОГУ, 2003.- 58 с.

4. Токсикологическая химия [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. В. Сальникова [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2012. - 229 с. : ил. - Библиогр.: с. 212- 216. - Прил.: с. 217-228. - ISBN 978-5-4417-0100-6.

5. Реховская, Е. О. Методы диагностирования токсических эффектов в природных средах : учебное пособие : [16+] / Е. О. Реховская, И. Ю. Нагибина ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 156 с.– Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682333 (дата обращения: 27.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3038-5.

6. Нагибина, И. Ю. Оценка, контроль и прогнозирование изменений состояния окружающей среды : учебное пособие : [16+] / И. Ю. Нагибина, Е. О. Реховская ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 148 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682317 (дата обращения: 27.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3072-9.

5.3 Периодические издания

1 Экология : журнал. - Москва : Академиздатцентр "Наука" РАН.
2 Экология и промышленность России : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать".
3 Экология производства : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать".

5.4 Интернет-ресурсы

1 http://elementy.ru/news?theme=1549629 - Новости науки на «Элементах»: биология, физика, химия, астрономия и другие естественные науки
2 http://www.cepl.rssi.ru/ - Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов
3 http://www.biblioclub.ru - сайт ЭБС «Университетская библиотека online»;
4 http://e.lanbook.com/ - сайт ЭБС «Лань»;
5 http://www.msu.ru - сайт Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Платформа для проведения онлайн-мероприятий и видеоконференций «DION» (Конфигурация «DION EDU»). Режим доступа: https://dion.vc/
4. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: https://browser.yandex.ru.
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.
6. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2025]. Режим доступа: http://garant.net.osu.ru
7. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2025].
8. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения (мультимедийный проектор с ноутбуком), служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специализированные лаборатории, оснащенные оборудованием, химической посудой и реактивами.

Приборы и оборудование:, кондуктометр «Мультитест КСП-1», хроматограф «Кристалл», центрифуга, весы аналитические, pH метр, фотоколориметр, система капиллярного электрофореза «Капель -105», полярограф ПП-1, флюорат, Spectroskan.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.