

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра биотехнологии и биоэкологии

ОСНОВЫ ТОКСИКОЛОГИИ

**Программа, методические указания, лабораторные работы
и контрольные задания для студентов специальностей 1-57 01 01
«Охрана окружающей среды и рациональное использование
природных ресурсов», 1-48 02 01 «Биотехнология»
заочной формы обучения**

Минск 2012

УДК 615.9(075.4)
ББК 52.84я73
О-75

Рассмотрены и рекомендованы редакционно-издательским советом университета

Составители:

В. Н. Леонтьев, Е. А. Флюрик

Рецензенты:

кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией прикладных проблем биохимии
биологического факультета БГУ *В. П. Курченко*;
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
промышленной экологии БГТУ *В. Н. Марцуль*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2012 год. Поз. 181.

Для студентов специальностей 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», 1-48 02 01 «Биотехнология» заочной формы обучения.

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью изучения дисциплины «Основы токсикологии» в учебном плане специальностей 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и 1-48 02 01 «Биотехнология» является освоение студентами теоретических и практических основ общей токсикологии, знакомство с основными направлениями и понятиями общей токсикологии, а также методами оценки воздействия различных ксенобиотиков на организм человека.

Учебный план дисциплины предусматривает чтение лекций и проведение лабораторных занятий, а также самостоятельную работу студентов.

Задача лекционного курса – системное изучение теоретических основ общей токсикологии.

Задача лабораторных занятий – обеспечить приобретение практических навыков биохимического контроля и оценки воздействия токсических веществ на организм человека и животных.

В результате изучения дисциплины студенты должны *знать*:

- основные понятия токсикологии;
 - классификации отравлений и вредных веществ;
 - основные пути поступления, биотрансформации и выведения вредных веществ;
 - основные типы метаболических реакций детоксикации;
 - механизмы токсического действия вредных веществ на организм;
 - особенности биodeградации галогенсодержащих ксенобиотиков.
- Студенты должны *уметь*:
- различать острые и хронические отравления;
 - различать типы метаболических реакций детоксикации;
 - записывать механизмы токсического действия вредных веществ на организм;
 - объяснять особенности биodeградации галогенсодержащих ксенобиотиков.

При изучении материала студенты должны опираться на знания в области таких дисциплин, как «Основы общей биологии» и «Органическая химия».

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Начинать изучение дисциплины «Основы токсикологии» необходимо с ознакомления с программой курса.

Программа, кроме перечисления изучаемых понятий, содержит в себе логику изучения материала, выделяет главное и устанавливает взаимосвязь между понятиями, показывает единство теоретического и практического. Она составлена таким образом, что сначала рассматриваются простые, а затем более сложные темы. Это позволяет студенту последовательно усваивать понятия токсикологии.

Важную роль при самостоятельном изучении дисциплины играет работа с книгой.

2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в дисциплину «Основы токсикологии»

Предмет и структура токсикологии. Объекты и методы исследования. Исследования на модельных системах. Основные задачи. Основные направления современной токсикологии: промышленная, химическая, экологическая, профилактическая, судебная токсикология.

Раздел 1. Этапы развития токсикологии

Понятия: вредные вещества (яды), токсическое действие. Иерархические уровни объектов действия ядов в окружающей среде и их особенности. Гомеостаз. Способность к авторегулированию при воздействии ядов. Толерантность. Типы классификаций отравлений и ядов. Избирательная токсичность. Зависимость токсического эффекта от времени. Острые и хронические отравления. Специфическое и неспецифическое воздействие ядов. Понятие о рецепторе. Влияние типа связи «рецептор – яд» на проявление токсичности. Основные стадии взаимодействия с биологическим объектом.

Раздел 2. Параметры токсикометрии

Уровни биологического действия и системы токсикологических характеристик. Переход от пороговых величин к ПДК. Перспективы интерполяции результатов изучения привыкания к ядам животных для

составления прогноза привыкания людей. Коэффициент кумуляции. Адаптация и компенсация при действии ядов. Привыкание к ядам при различных режимах воздействия. Механизм развития привыкания. Классификация опасности химических веществ. Кривые «доза – эффект». Комбинированное, комплексное и совместное воздействие различных факторов окружающей среды на биологический объект. Сенсибилизация. Токсический эффект при совместном воздействии химических и физических факторов окружающей среды.

Раздел 3. Токсикокинетика

Основные пути проникновения ядов в организм. Понятие о барьерах. Активный, пассивный и диффузионный перенос ядов через мембраны. Попадание ядов через дыхательные пути. Попадание ксенобиотиков через желудочно-кишечный тракт и через кожу. Три пути попадания ядов через кожу. Транспорт ядов в организме. Значение белков в транспорте ядов. Распределение и накопление ядов. Превращение ядов в организме. Основные типы метаболических превращений. Биотрансформация, понятие об индуцированных ферментах. Основные метаболические реакции: окисление, восстановление, гидролиз, деалкилирование, метилирование, дезаминирование, ацетилирование и т. д.). Конъюгация. Реакции сульфатной и глюкуроновой конъюгации. Влияние вида, возраста, пола на метаболизм млекопитающих. Выведение ядов из организма. Основные пути экскреции ядов.

Раздел 4. Механизм токсического действия вредных веществ

Основные нейротоксические вещества и механизм токсического действия. Понятие о нейромедиаторах. Синапсы и механизм передачи нервного возбуждения. Характеристика фосфорорганических пестицидов, их классификация, механизм действия. Тиоловые яды. Механизм действия соединений свинца, ртути, мышьяка. Гемолитические яды. Две группы гемолитических ядов. Вещества, которые воздействуют на гемоглобин. Механизм действия оксида углерода. Механизм действия нитритов. Механизм метгемоглобинобразования. Пероксид водорода, механизм действия. Детоксикация и летальный синтез. Биохимические основы действия ядов. Понятие об антидотах и механизм их действия. Антидоты прямого и непрямого действия.

Раздел 5. Радиационная токсикология

Основные формы и специфика результатов воздействия излучения на биологические объекты различных иерархических уровней. Механизм воздействия излучения на биологические объекты. Радиотоксины. Основные методы защиты от излучения. Радиопротекторы. Кислородный эффект. Устойчивость биологических объектов к воздействию радиации. Совместное действие излучения и химических веществ. Основные принципы нормирования радиационной безопасности. Специфика облучения малыми дозами.

Раздел 6. Определение токсикологических характеристик

Порядок гигиенического нормирования химических веществ. Этапы определения токсикологических характеристик. Лимитирующий признак установления ПДК. Временные токсикологические характеристики. Ускоренное установление стандартов химических веществ. Расчетные методы определения токсикологических характеристик. Связь химической структуры и биологической активности. Использование ЭВМ в прогнозировании токсикологических параметров. Определение класса опасности отходов. Использование токсикологических характеристик для ранжирования экологической опасности технологий и производств.

Раздел 7. Биохимические основы детоксикации промышленных отходов в окружающей среде

Физические, химические и биологические факторы, определяющие судьбу промышленных отходов в окружающей среде. Эволюция природных систем детоксикации. Особенности биодеградации галогенорганических соединений. Роль микроорганизмов в биодеградации ксенобиотиков.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами одной контрольной работы.

Контрольная работа служит для проверки усвоения материала основных разделов курса.

Контрольные задания сформированы на основе вопросов, выносимых на зачет. В каждом контрольном задании содержится по три вопроса, охватывающих основные разделы программы курса.

При выполнении контрольной работы, предусмотренной программой курса, недопустимо полностью переписывать текст из книги, не анализируя изложенное и не выявляя основные моменты. Такие контрольные работы будут возвращаться студентам на доработку.

3.1. Выбор задания для контрольной работы

Вариант контрольной работы определяют по двум последним цифрам шифра зачетной книжки студента. На пересечении строки предпоследней цифры и столбца последней цифры (табл. 1) представлены три числа, которые указывают порядковые номера вопросов в перечне «Вопросы для выполнения контрольной работы».

3.2. Рекомендации по выполнению и оформлению контрольной работы

Контрольную работу выполняют в тетради или на листах бумаги формата А4 от руки разборчивым почерком. Схемы, таблицы и рисунки должны иметь сквозную нумерацию. В тексте должны присутствовать ссылки на все использованные литературные источники, перечень которых приводится на предпоследней странице работы. Последняя страница работы, предназначенная для замечаний преподавателя, должна быть чистой.

Таблица 1

Выбор заданий для контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
	56	36	31	61	51	41	31	21	11	10
	68	69	70	72	73	74	75	55	43	48
1	11	12	13	14	15	16	17	18	12	2
	30	31	32	33	52	42	32	22	19	20
	65	75	72	62	62	63	64	65	66	67
2	21	22	23	24	1	2	3	4	5	3
	58	57	56	55	25	26	27	23	13	6
	64	74	73	63	53	43	33	28	29	30

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	7	8	9	10	11	12	13	14	14	4
	31	32	33	34	35	36	34	24	39	40
	63	73	74	64	54	44	37	38	60	61
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5
	41	42	43	44	45	45	35	25	15	10
	62	72	75	65	55	46	47	48	49	50
5	11	12	13	14	15	16	17	18	16	6
	51	52	28	54	55	46	36	26	30	31
	61	71	53	66	70	56	57	58	59	60
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7
	21	62	35	28	57	47	37	27	17	20
	61	70	63	67	65	66	67	68	69	70
7	22	51	10	11	12	13	14	15	1	2
	50	69	48	68	58	48	38	29	18	28
	71	72	73	74	75	63	68	43	50	51
8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	9
	23	20	21	22	23	24	39	29	19	12
	52	68	73	69	59	49	50	51	52	53
9	13	1	2	3	4	5	6	7	8	10
	24	14	15	16	17	18	19	20	20	22
	54	67	72	70	60	50	40	30	21	71

Ниже представлен перечень вопросов, используемых для составления контрольных заданий. Данные вопросы могут быть также использованы для самопроверки знаний.

3.3. Вопросы для выполнения контрольной работы

1. Предмет и структура токсикологии. Промышленная, химическая и экологическая токсикология.
2. Особенности отравления тяжелыми металлами.
3. Основные принципы нормирования радиационной безопасности.
4. Проникновение токсичных веществ через дыхательные пути.
5. Превращение токсичных веществ в организме.
6. Основные понятия токсикологии: вредное вещество (яд), токсичность, ксенобиотик и т. д.
7. Аддитивность, синергизм, антагонизм и сенсibilизация при совместном воздействии различных факторов внешней среды.
8. Особенности повторного воздействия вредных веществ на организм.

9. Основные методы защиты от излучения.
10. Адаптация популяций к изменениям условий внешней среды.
11. Стадии привыкания к действию токсикантов.
12. Доза – количественная мера токсичности химического вещества.
13. Транспорт токсичных веществ в организме.
14. Пути и кинетика поступления, обмена, распределения и выведения радионуклидов из организма.
15. Понятие о рецепторе как о структуре для высокоспецифического воздействия токсикантов на биологический объект.
16. Использование токсикологических характеристик для ранжирования экологической опасности технологий и производств.
17. Значение токсикологии для охраны окружающей среды.
18. Комбинированное, комплексное и совместное действие различных факторов внешней среды на биологические объекты.
19. Особенности детоксикации галогенсодержащих органических веществ (пестицидов, диоксинов).
20. Механизм развития привыкания.
21. Специфическое и неспецифическое действие вредных веществ.
22. Популяция как объект воздействия вредных веществ.
23. Адаптация. Механизм и вероятность адаптации.
24. Адаптация как защитный механизм.
25. Эволюция природных систем детоксикации.
26. Характеристика фосфорорганических пестицидов, их классификация, механизм действия.
27. Механизм токсического действия цианидов. Дыхательная цепь.
28. Тиоловые яды.
29. Зависимость метаболизма от вида, пола и возраста животных.
30. Основные пути экскреции химических веществ.
31. Порядок гигиенического нормирования химических веществ.
32. Радиотоксины и радиопротекторы.
33. Гемолитические яды.
34. Эмпирические уравнения расчета ПДК химических веществ.
35. Параметры и методы токсикокинетики.
36. Острые и хронические отравления. Специфическое и неспецифическое воздействие ядов.
37. Основные типы классификаций вредных веществ и отравлений.
38. Видовые, возрастные и половые особенности воздействия вредных веществ на организм.
39. Специфика малых доз ионизирующей радиации.

40. Этапы определения токсикологических характеристик.
41. Основные формы и специфика результатов действия излучения на биологические объекты разных иерархических уровней.
42. Назначение и задачи токсикометрии.
43. Понятие о барьерах. Мембранный, гематоэнцефалический и плацентарный барьеры.
44. Сочетанное и комбинированное действие радиоактивного излучения и вредных веществ.
45. Вещества, которые воздействуют на гемоглобин.
46. Сообщества и экосистемы как объект воздействия вредных веществ.
47. Аэробные процессы детоксикации. Биотрансформация, биодеградация, конъюгация.
48. Механизм действия соединений свинца, ртути, мышьяка.
49. Механизм действия нитритов.
50. Расчетные методы определения токсикологических характеристик.
51. Внутреннее облучение.
52. Механизм воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты.
53. Гомеостаз.
54. Анаэробные процессы детоксикации.
55. Общие представления о молекулярных основах адаптации.
56. Иерархические уровни объектов воздействия вредных веществ в окружающей среде и их особенности.
57. Биохимические основы действия токсикантов.
58. Проникновение ксенобиотиков через желудочно-кишечный тракт.
59. Механизм токсического действия монооксида углерода.
60. Распределение и накопление ядов в организме.
61. Яды и противоядия.
62. Связь химической структуры и биологической активности.
63. Пороговость действия ядов.
64. Основные токсикологические характеристики – ПДК, DL_{50} , КВИО, коэффициент запаса.
65. Кумуляция (материальная, функциональная), коэффициент кумуляции.
66. Основные нейротоксические вещества и механизм их действия.
67. Основные пути попадания вредных веществ в организм.
68. Классификация промышленных отходов. Определение класса опасности отходов.

69. Конъюгация, роль восстановленного глутатиона в детоксикации клетки.
70. Метаболизм химических веществ в экосистемах.
71. Механизм метгемоглобинообразования.
72. Предельно допустимая экологическая нагрузка.
73. Кривые «доза – эффект».
74. Три пути попадания вредных веществ через кожу.
75. Роль микроорганизмов в детоксикации ксенобиотиков.

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Целью выполнения лабораторных работ является приобретение практических навыков экспериментального исследования токсического действия некоторых химических веществ на биополимеры, микробные и животные клетки.

С использованием клеток микроорганизмов предлагается освоить методы исследования влияния дозы токсиканта на вызываемый им эффект и способы определения величины I_{50} .

4.1. Перечень рекомендуемых лабораторных занятий

1. Оценка токсичности продуктов методом биотестирования.
2. Определение чувствительности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к этиловому спирту.
3. Определение влияния различных доз тяжелых металлов и токсичных органических веществ на физиологические параметры растений.

4.2. Техника безопасности в лаборатории

Студенты допускаются к работе в лаборатории только после прохождения инструктажа на рабочем месте по технике безопасности с последующей регистрацией в журнале. Лица, допущенные к работе в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, правила поведения на территории университета. На рабочем месте и на территории университета запрещено находиться в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном употреблением наркотических средств, психотропных или токсических веществ, а также распивать спиртные напитки, употреблять наркотические средства, психотропные или токсические вещества.

Работать в лаборатории разрешается только в хлопчатобумажных халатах.

В процессе работы необходимо соблюдать максимальную осторожность, помня, что неаккуратность, невнимательность, недостаточное знание приборов и свойств веществ могут повлечь за собой несчастный случай.

Студенту необходимо освоить технику работы на приборах, аппаратах. Следует всегда строго соблюдать правила эксплуатации оборудования. Работать разрешается только на исправных приборах, с правильно приготовленными реактивами.

В лаборатории запрещается:

- принимать пищу;
- нюхать, пробовать на вкус какие-либо вещества;
- использовать неподписанные реактивы;
- работать с токсичными или агрессивными веществами без спецодежды и необходимых средств защиты;
- набирать концентрированные кислоты в пипетки ртом. Для этой цели следует применять резиновые груши;
- покидать рабочее место, оставляя без присмотра зажженные спиртовки, электронагревательные приборы, а также сосуды, работающие под давлением, вакуумом;
- использовать для вакуумных работ плоскодонные колбы;
- нагревать химическую посуду из простого химического стекла на открытом пламени;
- использовать лабораторную посуду для каких-либо целей, не связанных с проведением эксперимента;
- нагревать на водяной бане вещества, которые могут при контакте с водой взрываться или выделять ядовитые пары, газы;
- проводить работы, связанные с выделением вредных паров или газов, без использования вытяжного шкафа;
- сливать горючие и токсичные вещества в канализацию;
- пользоваться надбитой или треснутой посудой;
- носить одежду из синтетического материала, а также кольца на пальцах рук.

Приступая к лабораторной работе, студент должен:

- изучить методику работы, правила ее безопасного выполнения;
- проверить правильность сборки прибора или установки;
- проверить соответствие используемых веществ перечню, указанному в описании работы.

По окончании занятий в лаборатории студенты должны убрать рабочее место, выключить воду, электроприборы, вентиляцию, снять средства индивидуальной защиты и тщательно вымыть руки с мылом.

4.3. Рекомендации по оформлению лабораторных работ

Общие положения

Лабораторные работы должны быть оформлены в отдельной тетради – рабочем журнале, в который заносят результаты и расчеты.

Работа должна быть описана достаточно подробно, чтобы можно было воспроизвести аппаратуру, реактивы, условия проведения экспериментов, метод и, как следствие, оценить результаты и качество работы.

Структура работы

1. Название работы, дата выполнения.

2. Цель работы.

3. Материалы и оборудование.

В первую очередь необходимо подробно изложить, какие использованы реагенты, растворы и т. д. Рекомендуется использовать общепринятую номенклатуру, химические формулы. Там, где это возможно, следует привести точный состав, структуру. Должно быть указано все оборудование и измерительные приборы.

4. Общие сведения (кратко).

5. Ход работы (кратко основные операции).

Описание методики проведения эксперимента должно включать:

1. Указание на последовательность операций, например, при смешивании или введении реагентов.

2. Пояснение, как использовалась та или иная методика, с приведением количественных данных, например концентрации вводимых реагентов, условий контроля, длин волн и коэффициентов экстинкции в спектрофотометрических измерениях.

6. Результаты эксперимента (очень подробно, с соблюдением всех правил записи результатов и единиц измерений).

Должны быть приведены результаты эксперимента, выполнены необходимые расчеты, построены графики и т. д.

Графики строятся от руки на миллиметровой бумаге или выполняются на компьютере и распечатываются на листах формата А4.

7. Выводы.

Лабораторная работа считается выполненной успешно, если погрешность измерений не превышает допустимых значений (фотоколориметрический и спектрофотометрический методы – 5–7%).

Рабочие растворы можно выливать только после проверки результата преподавателем.

Не разрешается записывать результаты анализа на отдельных листочках или черновиках, все результаты измерений и расчеты следует сразу вносить в рабочий журнал.

При ведении рабочего журнала необходимо уделять внимание точности измерений и записи их результатов (табл. 2).

Таблица 2

Точность измеряемых величин

Измеряемая величина	Средство измерения	Пример записи	Точность измерения
Объем V , мл	Точная мерная посуда: пипетка, бюретка	30,00 мл	$\pm 0,05$ мл
	мерная колба	100,0 мл	$\pm 0,1$ мл
	Мерная посуда с ориентировочными делениями: мерный стакан	20 мл	± 1 мл
	мерный цилиндр	5 мл	± 1 мл
Масса m , г	Аналитические весы	0,7643 г	$\pm 0,0001$ г
	Технические весы	0,64 г	$\pm 0,01$ г
Другие показатели	Приборы стрелочного типа	С точностью, не превышающей $\frac{1}{2}$ цены деления на конкретном участке шкалы	
	Приборы с цифровым табло	С точностью, соответствующей минимально возможной дискретности показаний табло	

Студенты, полностью выполнившие программу лабораторного практикума и допущенные к собеседованию по результатам выполнения контрольной работы, допускаются к сдаче зачета.

Лабораторная работа № 1

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Цель работы: познакомиться с веществами, способными оказывать токсический эффект на организм человека; с видами возможного токсического воздействия на организм; научиться исследовать продукты на токсичность методом биотестирования; познакомиться с объектами, применяемыми для биотестирования.

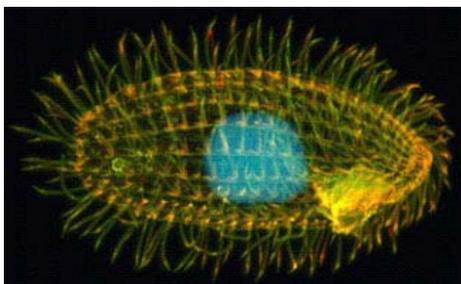
Общие сведения.

Химические соединения, загрязняющие внешнюю среду и продукты питания, способны оказывать на организм специфическое действие, проявляющееся не в момент воздействия и не сразу после окончания, а в отдаленные периоды жизни индивидуумов.

В качестве тест-объекта обычно используют низшие организмы, в том числе и одноклеточные, поскольку проводить опыты с ними гораздо удобнее, а эксперименты на теплокровных животных по изучению отдаленных последствий действия химических веществ длятся несколько лет и требуют больших затрат. Лучше всего в качестве тест-объекта подходят инфузории, так как их легко выращивать. Кроме того, оценить результат эксперимента несложно – достаточно сосчитать инфузории до начала опыта и в конце.

В качестве тест-объекта для обнаружения токсичных веществ по ускоренной методике используются одноклеточные животные – инфузории *Tetrahymena periformis*.

Инфузории – это одноклеточные эукариотические организмы, т. е. у них есть ядро (а у многих видов инфузорий даже два ядра). Почти все клетки человека и других высших животных имеют ядра, а бактерии – прокариоты (безъядерные). Недавно был расшифрован геном инфузорий из рода *Tetrahymena*, состоящий из 27 тысяч генов. Геном человека содержит примерно столько же генов – 25 тысяч.



Инфузория *Tetrahymena thermophila*

Благодаря сочетанию у инфузорий признаков клетки и организма на них можно изучать как клеточные, так и организменные реакции на токсическое воздействие.

Характерная особенность инфузорий – относительно быстрая изменчивость, которая позволяет им адаптироваться к самым разным условиям. Они живут и в тундровых озерах, и в тропиках, и даже в горячих источниках с температурой до 50°C. Инфузории приспосабливаются и к разному минеральному и органическому составу среды, а также к присутствию растворенных газов.

По мере того как простейшие адаптируются к условиям среды, перестраиваются все их жизненные функции, изменяются скорость движения, темп размножения и способность поглощать пищу, а также форма и размеры тела. Но если среда не меняется, то свойства инфузорий остаются стабильными. Это и позволяет использовать их как тест-объекты. Конечно, это относится только к инфузориям, культивируемым в лабораторных условиях.

В биотестах на инфузориях проще всего фиксировать изменение подвижности, гибель и скорость размножения. Например, можно наблюдать изменение подвижности за 15–45 мин; гибель отдельных клеток за 1–4 ч; снижение скорости размножения за 1–3 сут; гибель популяции за 4–30 сут.

Дело в том, что для оценки токсичности наблюдать за изменением подвижности недостаточно. Поскольку на движение у простейших расходуется всего 1% энергии общего обмена, то подвижность только незначительно отражает те изменения, которые происходят при отравлении токсичными агентами. Гибель отдельных клеток – достаточно надежный показатель, но с его помощью невозможно выявить низкие концентрации токсикантов. Оценка скорости размножения – биотест с большей чувствительностью, по нему можно определять и небольшие концентрации вредных веществ. Таким образом, если сочетать все тесты, то результат получается надежный.

Используемые материалы, оборудование:

- культура *Tetrahimena periformis*;
- вода водопроводная стерильная;
- исследуемые продукты;
- фарфоровая ступка и пестик;
- пенициллиновые флаконы с пробками;
- предметные и покровные стекла;
- световой микроскоп;

- стеклянные палочки;
- бумажные фильтры;
- 1%-ный раствор ацетона в воде;
- встряхиватель.

Ход работы:

1. Взять навеску исследуемого продукта (5,0 г), тщательно измельчить, поместить в коническую колбу и прилить 5,0 мл 1%-ного раствора ацетона, встряхивать в течение 15 мин с открытым горлышком.
2. Отфильтровать через складчатый фильтр.
3. В пенициллиновый флакон прилить 3,0 мл стерильной воды и 0,5 мл среды с культурой *Tetrahimena periformis* (контрольный флакон).
4. Во второй флакон прилить 3,0 мл полученного фильтрата и 0,5 мл культуры инфузорий (опытный флакон).
5. На покровное стекло нанести каплю из контрольного флакона и накрыть покровным стеклом. Рассмотреть при малом увеличении. Подсчитать видимое количество инфузорий и рассмотреть их морфофункциональное состояние.
6. Так же поступить с опытным образцом.
7. Провести учет результатов, выполняя пункты 4 и 5, через 15, 30 и 45 мин. Учет результатов проводится по морфофункциональным изменениям *Tetrahimena periformis*: деформация клеток, поведение (подвижность), гибель, лизис клеток.
8. Сделать вывод по проделанной работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятиям «яд», «токсичное вещество», «отравление», «токсический эффект», «биотестирование».
2. Перечислите виды возможного токсического воздействия на организм.
3. Какие методы исследования токсичности продуктов Вам известны?

Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* К ЭТИЛОВОМУ СПИРТУ

Цель работы: изучить токсическое действие этилового спирта на клетки микроорганизмов, определить величину I_{50} .

Общие сведения.

Токсическое действие химических веществ на микроорганизмы определяется, в первую очередь, природой веществ и их дозой, а также видом микроорганизма и условиями эксперимента. Одно и то же вещество в низких дозах может стимулировать развитие популяции микроорганизмов или, по крайней мере, не оказывать на нее ингибирующего воздействия, а в высоких – ингибировать рост и даже вызывать гибель клеток.

Иллюстрацией к сказанному может служить действие этилового спирта на клетки микроорганизмов. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (продуценты этилового спирта) образуют его в процессе брожения, в культуральных жидкостях (КЖ) этих культур накапливается до 6–10% этилового спирта. При дальнейшем повышении концентрации спирта в КЖ нарушается метаболизм клеток, поскольку этиловый спирт, растворяя липиды мембран, нарушает их избирательную проницаемость. Это приводит к замедлению роста клеток в популяции, а при длительном воздействии и в больших концентрациях – к гибели клеток.

Используемые материалы, оборудование:

– стерильная глюкозосолевая среда Ридер, состав: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3,0 г, MgSO_4 – 0,7 г, NaCl – 0,5 г, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0,4 г, KH_2PO_4 – 1,0 г, K_2HPO_4 – 0,1 г, глюкоза – 20,0 г;

– ночная культура дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*;

– этиловый спирт (96%);

– стерильные пипетки;

– стерильные пробирки;

– спиртовки;

– суховоздушный термостат;

– фотоэлектроколориметр.

Ход работы:

1. В пробирки с 4,5 мл глюкозосолевой среды Ридер, содержащей этиловый спирт в концентрациях 0%, 5%, 7%, 10%, 11%, 12%, 14%, 15%, 17% и 20%, вносят по 0,5 мл ночной культуры исследуемых клеток с соблюдением правил асептики.

2. Пробирки помещают в суховоздушный термостат при 30°C.

3. Через 1, 2 и 3 ч измеряют оптическую плотность клеточных суспензий при $\lambda = 700$ нм в кюветах с толщиной слоя 0,5 см на фотоэлектроколориметре или спектрофотометре.

4. Полученные данные сводят в таблицу и по ним строят график зависимости оптической плотности суспензии от концентрации спирта. Поскольку снижение оптической плотности пропорционально умень-

шению количества клеток в пробах, то по графику можно определить концентрацию этилового спирта, ингибирующую на 50% рост клеток (I_{50}), для дрожжей *S. cerevisiae*.

5. Для микроскопического изучения популяций обработанных спиртом клеток готовят препараты «раздавленная капля» из суспензий с концентрациями этилового спирта 0%, 10%, 15% и 20%. Препараты подкрашивают раствором метиленового синего, который избирательно сорбируется поверхностными структурами мертвых клеток. В таких препаратах живые клетки выглядят голубыми, а мертвые – яркосиними.

6. Подсчитывают относительное количество мертвых клеток в каждом из образцов и строят график зависимости содержания мертвых клеток в КЖ от концентрации этилового спирта.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие особенности изучения действия токсикантов на биологические объекты разных иерархических уровней Вы знаете?
2. Дайте определение и поясните смысл величины I_{50} .
3. Поясните кривые «доза – эффект».

Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ТОКСИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ

Цель работы: изучить влияние различных доз тяжелых металлов на физиологические параметры растений.

Общие сведения.

В настоящее время техногенные факторы существенно изменили и продолжают изменять химический состав почв. Это связано с использованием в сельском хозяйстве разнообразных пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений. Почву также загрязняют промышленные выбросы. Немалый вклад в загрязнение почв городов вносят выбросы автотранспорта.

В табл. 3 приведены сведения о наиболее распространенных загрязнителях почв.

**Химические вещества – загрязнители почвы
и их опасность для организма человека**

Класс опасности	Химические вещества	Характер опасности
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен	Высокоопасны
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром	Опасны
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций	Малоопасны
IV	Кальций, углерод	Неопасны

Кресс-салат как тест-объект для оценки загрязнения почвы и воздуха.

Кресс-салат – однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей.

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий-четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10–15 сут.

Используемые материалы, оборудование:

- чашки Петри;
- семена кресс-салата;
- фильтровальная бумага;
- речной песок;
- почва;
- пластмассовые кюветы;
- водные растворы, эмульсии или тонкодисперсные суспензии пестицидов;
- аналитические весы;

- автоматические пипетки;
- пробирки.

Ход работы.

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс-салата, партию семян, предназначенных для опытов, проверяют на всхожесть. Для этого семена кресс-салата проращивают в чашках Петри, в которые насыпают промытый речной песок слоем в 1 см. Сверху его накрывают фильтровальной бумагой и на нее раскладывают определенное количество семян. Перед раскладкой семян песок и бумагу увлажняют до полного насыщения водой. Сверху семена закрывают фильтровальной бумагой и неплотно накрывают стеклом. Проращивание ведут в лаборатории при температуре 20–25°C. Нормой считается проращение 90–95% семян в течение 3–4 сут. Процент проросших семян от числа посеянных называется всхожестью.

После определения всхожести семян приступают к проведению эксперимента, осуществляя один или несколько опытов в следующей последовательности.

1. Навеску почвы (100 г) насыпают тонким слоем в пластмассовую кювету и смачивают водой до появления признаков насыщения. Концентрацию пестицидов рассчитывают на массу почвы. Рекомендуется использовать ряд концентраций, возрастающих в геометрической прогрессии. Пестициды вносят в почву в виде водных растворов, эмульсий или тонкодисперсных суспензий при поливе. Гранулированные препараты равномерно рассеивают по поверхности увлажненной почвы. Почву тщательно перемешивают.

2. Чашку Петри заполняют до половины исследуемой почвой.

3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывают по 20–50 семян кресс-салата. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым.

4. Накрывают семена теми же субстратами, насыпая их почти до краев чашек и аккуратно разравнивая поверхность.

5. В течение 10–15 дней наблюдают за прорастанием семян, поддерживая влажность субстратов примерно на одном уровне. Результаты наблюдений записывают в таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность прорастания семян кресс-салата

Концентрация пестицида, мг/кг	Внешний вид растений	Число проросших семян, %	Уровень загрязнения
Контроль			

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения.

1. *Загрязнение отсутствует.* Всхожесть семян достигает 90–100%, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать опытные образцы.

2. *Слабое загрязнение.* Всхожесть составляет 60–90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

3. *Среднее загрязнение.* Всхожесть – 20–60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше, некоторые имеют уродства.

4. *Сильное загрязнение.* Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие и уродливые.

При проведении опытов с кресс-салатом следует учитывать, что большое влияние на всхожесть семян и качество проростков оказывают водно-воздушный режим и плодородие субстрата. В гумусированной, хорошо аэрированной почве (чернозем, верхний горизонт серой лесной почвы) всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в тяжелой глинистой почве, которая из-за малой проницаемости для воды и воздуха имеет плохой водно-воздушный режим. Поэтому в качестве субстрата для контроля следует брать почву того же типа, что и для опытов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое физиологические параметры растений?
2. Перечислите основные источники загрязнения почв городов.
3. Почему в лабораторной работе в качестве тест-объекта использовали кресс-салат?
4. Что такое биоиндикатор?

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Адаптация – результат приспособительных процессов, обеспечивающий нормальное существование в измененных условиях.

Аддитивность – результат совместного действия факторов радиационной и нерадиационной природы, который равен сумме эффектов каждого фактора.

Аксон – длинный тонкий отросток нейрона, по которому возбуждение проводится от данного нейрона к другим нейронам или клеткам других тканей.

Активный транспорт – это система транспорта молекул или ионов с помощью носителя через мембрану против градиента концентрации или электрохимического градиента.

Антидот – противоядие, лекарственное вещество, нейтрализующее отравляющее воздействие ядов или передозировку другого лекарственного вещества.

Антитела – защитные белки, вырабатываемые в организме человека и теплокровных животных, участвующие в выработке иммунитета. Антитела взаимодействуют с антигенами, осаждая и нейтрализуя их.

Антиген – все то, что не присуще организму и может вызвать заболевания.

Антогонизм – результат совместного действия факторов радиационной и нерадиационной природы, сумма которых ниже, чем ожидаемый эффект от независимо действующих факторов.

Белки – природные высокомолекулярные органические соединения, молекулы которых образованы аминокислотными остатками.

Биодеградация – это разрушение сложных веществ в результате деятельности живых организмов.

Биологическое загрязнение – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов, а также естественное или искусственное проникновение в используемые человеком экосистемы и технологические устройства организмов, чуждых данным экосистемам.

Биоритм – колебание уровня интенсивности различных показателей организма в течение определенного периода времени.

Вредное вещество (яд) – вещество, оказывающее на организм химическое воздействие и вызывающее в нем патологические изменения.

Гемолиз – процесс разрушения эритроцитов.

Гемолитический яд – это вещество, оказывающее прямое действие на гемоглобин и эритроциты, а также вызывающее ферментативные нарушения.

Гомеостаз – состояние относительного динамического равновесия системы, поддерживаемого за счет саморегуляции.

Дальтон (Да) – единица массы, практически равная массе атома водорода (т. е. 1,0000 по шкале атомных масс). Наименование дано в честь Джона Дальтона (1766–1844), разработавшего атомарную теорию строения материи. Термины «дальтон» и «молекулярная масса» взаимозаменяемы.

Детоксикация – метаболизм ксенобиотиков, приводящий к снижению их активности – дезактивации.

Диффузия представляет собой движение молекул или ионов из области более высокой концентрации или электрического заряда в область низкой концентрации или заряда.

Доза – количество введенного в организм химического вещества, выражаемое обычно на единицу массы тела.

Загрязненность – это уровень концентраций загрязняющих веществ или уровень физических либо каких-либо других воздействий на окружающую среду.

Иммунитет – невосприимчивость, сопротивляемость организма к инфекционным агентам и чужеродным веществам.

Инттоксикация – это патологическое состояние, развивающееся вследствие взаимодействия яда и организма.

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Контаминант (загрязнитель) – экологически вредные вещества, аккумулирующиеся в пищевых продуктах из окружающей среды в опасных количествах.

КВИО (коэффициент возможности ингаляционного отравления) – количественная характеристика способности химического вещества вызывать ингаляционное отравление: отношение летучести вещества (максимально достижимой концентрации в воздухе) при температуре 20°C к величине его средней смертельной концентрации для мышей.

Коэффициент кумуляции – показатель функциональной кумуляции. Он отражает сроки гибели животных при повторном введении им дозы, составляющей одну и ту же долю от смертельной дозы, или систематически повышающихся доз.

Ксенобиотик – опасное для человека и других живых организмов токсическое химическое вещество (чужеродное для организмов, не встречающееся ранее в биосфере химическое соединение, которое, попадая в окружающую среду в значительных количествах, может вызвать гибель организмов, нарушить нормальное течение природных процессов).

Летальная доза (DL_{50} , DL_{100}) – это среднесмертельная (смертельная) доза химического вещества, вызывающая гибель соответственно 50 и 100% подопытных животных при определенном способе введения (внутрижелудочно, внутрибрюшинно, на кожу) и двухнедельном сроке последующего наблюдения. Выражается в миллиграммах вещества на 1 кг массы животного (мг/кг).

Летальная концентрация (CL_{50} , CL_{100}) – это концентрация (доза), вызывающая гибель соответственно 50 и 100% подопытных животных при ингаляционном воздействии. Выражается в миллиграммах на 1 м³ воздуха (мг/м³).

Летальный синтез – превращение в организме в процессе метаболизма менее токсичных соединений в более токсичные.

Материальная кумуляция – накопление массы яда в организме.

Медиатор – физиологически активное вещество, синтезируемое в нейронах, которое обеспечивает передачу влияний через синапс с одного нейрона на другой или на мышечную клетку.

Метаболизм (биотрансформация) – процесс превращения поступающих в организм ксенобиотиков.

Нейромедиатор – химический посредник, освобождающийся из пресинаптического нервного окончания и передающий нервный импульс в синапсе постсинаптическому окончанию, мышечному волокну или железе, которые эти нервы иннервируют.

Нейрон – нервная клетка, основная структурная и функциональная единица нервной ткани. Нейрон имеет тело и отростки – дендриты и аксон. Дендритом возбуждение воспринимается и передается к телу нервной клетки, а от него по аксону проводится к другим нервным клеткам или тканям.

Неспецифическое воздействие яда – способность вызывать неспецифические, структурно-неспецифические реакции.

ОБУВ – это ориентировочный безопасный уровень воздействия вещества. Выражается в миллиграммах на 1 м³ воздуха (мг/м³).

Опасность яда – возможность возникновения интоксикации при действии яда в естественных условиях.

Острое отравление – заболевание, возникающее после однократного воздействия токсического вещества.

Отравление – группа заболеваний, обусловленных воздействием на организм ядов различного происхождения.

Пестициды – общее наименование всех химических соединений, которые применяют в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от вредных организмов.

Пиноцитоз – особый вид активного транспорта. Небольшие капельки или частички вещества попадают в выпячивания клеточной мембраны, которые образуют маленькие вакуоли, поступающие внутрь клеток.

Пороговая концентрация (минимальная концентрация) – наименьшая концентрация вредного вещества, вызывающая тот или иной эффект.

Правило Ричардсона: наркотические свойства и токсичность углеводородов возрастают с увеличением их молекулярной массы.

ПДК – это предельно допустимая концентрация вещества, выраженная в миллиграммах на 1 м³ воздуха (мг/м³). Под ПДК понимают такую концентрацию токсического вещества, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни (прямо или опосредованно через экологические системы) не возникает заболеваний (в том числе скрытых или временно компенсированных).

Привыкание – это понижение чувствительности организма к воздействию химических веществ при повторном воздействии этих веществ.

Радиоактивность – способность атомов некоторых элементов самопроизвольно превращаться в атомы других элементов, испуская при этом элементарные частицы (электромагнитные волны).

Радиопротектор (радиозащитные средства) – химические соединения, применяемые для защиты биологических объектов от ионизирующих излучений.

Радиотоксины – это продукты свободнорадикального окисления, образующиеся в тканях под действием радиоактивного облучения.

Рецепторы – специальные чувствительные образования у животных и человека, воспринимающие и преобразующие раздражения из внешней и внутренней среды в специфическую активность нервной системы.

Санитарно-гигиеническое нормирование – это деятельность по установлению нормативов предельно допустимых воздействий человека на природу. Под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, культурных и других интересов человека, вносящая изменения в природную среду.

Сенсибилизация – приобретение организмом специфической повышенной чувствительности к чужеродным веществам – аллергенам.

Синапс – место передачи нервного импульса, контакт между нервными клетками или нервными клетками и клетками иннервируемых тканей и органов. Возбуждение передается с помощью химических веществ – медиаторов.

Синергизм – результат совместного действия факторов радиационной и нерадиационной природы, сумма которых превосходит сумму эффектов каждого действующего фактора.

Специфическое воздействие яда – воздействие, которое проявляется патологическими реакциями, характерными только для воздействия конкретного химического вещества, связанными с сенсibiliзирующим, эмбриотропным, мутагенным его действием.

Степень токсичности – величина, обратная средней смертельной дозе (концентрации).

Токсикология – наука, изучающая взаимодействие организма и яда.

Токсикокинетика рассматривает пути поступления вредных веществ в организм, их транспорт и распределение, биотрансформацию и выделение.

Токсикометрия – совокупность методов и приемов исследований для количественной оценки токсичности и опасности ядов.

Токсический эффект вредных веществ – это результат взаимодействия организма, вредного вещества и окружающей среды.

Токсичность вещества – это способность вещества наносить вред живому организму.

Токсичность (ядовитость) – это мера несовместимости вещества с жизнедеятельностью организма.

Ферменты – биологические катализаторы, которые присутствуют во всех живых клетках и осуществляют превращения веществ в организме, тем самым направляя и регулируя его обмен веществ.

Функциональная кумуляция – накопление вызванных ядом изменений.

Хроническое отравление – заболевание, развивающееся после систематического длительного воздействия малых концентраций или доз вредного воздействия. При однократном поступлении дозы этих веществ не вызывают симптомов отравления.

Экскреция – процесс освобождения организма от конечных продуктов метаболизма.

Экстинкция – ослабление пучка света при его распространении в веществе за счет совместного действия поглощения и рассеяния света.

Эффект сенсibiliзации – состояние организма, при котором повторное действие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущее.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Множители и приставки для кратных и дольных единиц

Множитель	Приставка	Сокращение	Пример
10^9	гига	Г	ГДж = 10^9 Дж
10^6	мега	М	МПа = 10^6 Па
10^3	кило	к	кг = 10^3 г
10^{-3}	милли	м	мМ = 10^{-3} моль/л
10^{-6}	микро	мк	мкг = 10^{-6} г
10^{-9}	нано	н	нкат = 10^{-9} кат
10^{-12}	пико	п	пМ = 10^{-12} М

Интервалы длин волн поглощаемого излучения

Длина волны поглощаемого излучения, нм	Цвет поглощаемого излучения	Цвет вещества
400–435	Фиолетовый	Желто-зеленый
435–480	Синий	Желтый
480–490	Зеленовато-синий	Оранжевый
490–500	Сине-зеленый	Красный
500–560	Зеленый	Пурпурный
560–580	Желто-зеленый	Фиолетовый
580–595	Желтый	Синий
595–605	Оранжевый	Зеленовато-синий
605–750	Красный	Сине-зеленый

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриц, М. А. Основы токсикологии / М. А. Гриц, Н. А. Гриц. – Минск: БГТУ, 2002. – 218 с.
2. Мецлер, Д. Биохимия: в 3 т. / Д. Мецлер. – М.: Мир, 1980. – Т. 1. – 407 с.; Т. 2. – 606 с.; Т. 3. – 488 с.
3. Тейлор, Д. Биология: в 3 т. / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. – М.: Мир, 2001–2002. – Т. 1. – 2001. – 424 с.; Т. 2. – 2002. – 437 с.; Т. 3. – 2002. – 452 с.
4. Сорочинская, Е. И. Биоорганическая химия: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1998. – 148 с.
5. Курляндский, Н. А. Основы токсикологии / Н. А. Курляндский. – М.: Мир, 2002. – 688 с.
6. Пурыгин, П. П. Основы химической токсикологии / П. П. Пурыгин. – М.: Просвещение, 2003. – 458 с.
7. Каплин, В. Г. Основы экотоксикологии / В. Г. Каплин. – М.: КолосС, 2007. – 232 с.
8. Давыдова, С. Л. О токсичности ионов металлов / С. Л. Давыдова. – М.: Мир, 1991. – 542 с.
9. Мельников, Н. Н. Пестициды и окружающая среда / Н. Н. Мельников. – М.: Дрофа, 1987. – 377 с.
10. Калетина, Н. И. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов. Основы химической токсикологии / Н. И. Калетина. – М.: Высш. шк., 2003. – 458 с.
11. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: справочник / В. А. Баженов [и др.]; под общ. ред. Л. А. Иллиной, В. А. Филова. – Л.: Химия, 1990. – 463 с.
12. Вредные химические вещества. Углеводороды и галогенпроизводные углеводородов: справочник / А. Л. Бандман [и др.]; под общ. ред. В. А. Филова. – Л.: Химия, 1990. – 731 с.
13. Гадаскина, И. Д. Яды – вчера и сегодня: очерки по истории ядов / И. Д. Гадаскина, Н. А. Толоконцев. – Л.: Наука, 1988. – 202 с.
14. Келина, Н. Ю. Токсикология в таблицах и схемах / Н. Ю. Келина. – Ростов н/Д: Феликс, 2006. – 142 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Методические рекомендации по изучению дисциплины	4
2. Программа дисциплины	4
3. Контрольные задания и требования к их выполнению	6
3.1. Выбор задания для контрольной работы.....	7
3.2. Рекомендации по выполнению и оформлению контрольной работы	7
3.3. Вопросы для выполнения контрольной работы	8
4. Лабораторные работы	11
4.1. Перечень рекомендуемых лабораторных занятий	11
4.2. Техника безопасности в лаборатории.....	11
4.3. Рекомендации по оформлению лабораторных работ.....	13
Лабораторная работа № 1. Оценка токсичности продуктов мето- дом биотестирования.....	15
Лабораторная работа № 2. Определение чувствительности дрож- жей <i>Saccharomyces cerevisiae</i> к этиловому спирту	17
Лабораторная работа № 3. Определение влияния различных доз тяжелых металлов и токсичных органических веществ на физио- логические параметры растений	19
Терминологический словарь	23
Приложение	28
Перечень рекомендуемой литературы	29

ОСНОВЫ ТОКСИКОЛОГИИ

Составители: **Леонтьев** Виктор Николаевич
Флюрик Елена Андреевна

Редактор *О. А. Семенец*
Компьютерная верстка *Е. А. Флюрик, О. А. Семенец*
Корректор *О. А. Семенец*

Издатель:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.