

Научно-производственное объединение  
ЗАО «Крисмас+»

# РУКОВОДСТВО

ПО ПРИМЕНЕНИЮ МИНИ-ЭКСПРЕСС-ЛАБОРАТОРИИ

## «Пчёлка-У»

И ЕЁ МОДИФИКАЦИЙ ПРИ УЧЕБНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ



Продукция выпускается под зарегистрированным  
товарным знаком

# Крисмас®

МЫ ВСЕГДА ОТКРЫТЫ ДЛЯ СОТРУДНИЧЕСТВА!

[christmas-plus.ru](http://christmas-plus.ru)

[крисмас.рф](http://крисмас.рф)

[shop.christmas-plus.ru](http://shop.christmas-plus.ru)

Санкт-Петербург

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»

**РУКОВОДСТВО**  
по применению  
мини-экспресс-лаборатории  
**«Пчёлка-У»**  
и её модификаций  
при учебных экологических  
исследованиях

Под редакцией к.х.н. А. Г. Муравьева

Крисмас+  
Санкт-Петербург

2019

УДК 372.8: 504.06  
ББК 74.26: 20.18с  
Р 85

Составители: Муравьев Александр Григорьевич,  
Данилова Валентина Васильевна,  
Смолев Борис Владимирович,  
Панфилова Светлана Александровна  
Мельник Анатолий Алексеевич

**Р 85 Руководство по применению мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификаций при учебных экологических исследованиях / Под ред. к.х.н. А. Г. Муравьева. Изд. 7-е, дополн. — СПб.: Крисмас+, 2019. — 168 с., ил.**

Руководство охватывает все модификации мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У», серийно выпускаемые научно-производственным объединением ЗАО «Крисмас+». Приведены методы и приёмы работы с мини-экспресс-лабораториями «Пчёлка-У» с применением имеющихся в составе простых средств экспресс-контроля окружающей среды при оценке состояния воздуха, воды, почвы, продуктов питания.

Материал изложен с учётом современных методических и дидактических подходов к экологическому практикуму и учебным исследованиям, проводимым при изучении экологии, химии, биологии, географии, ОБЖ, профильных и специальных курсов в системах общего, дополнительного и профессионального образования. Рассмотрены методические особенности проведения занятий, включая приготовление различных модельных загрязнений. Приведены типовые практические работы с применением мини-экспресс-лабораторий, изложенные в виде карт-инструкций.

Руководство адресовано методистам и педагогам школ и учреждений дополнительного образования, преподавателям ССУЗ, студентам и учащимся, а также всем потребителям мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» и входящих в их состав средств экспресс-контроля окружающей среды.

ISBN 978-5-89495-260-4



9 785894 952604

© ЗАО «Крисмас+», 2019

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	6
1 Назначение и области применения .....	8
2 Основные технические данные и характеристики .....	14
3 Комплектность различных модификаций мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» .....	19
4 Общая характеристика методов оценки состояния окружающей среды .....	27
4.1 Направления работы с мини-экспресс-лабораториями .....	27
4.2 Метод определения состава воздуха с помощью индикаторных трубок .....	28
4.3 Метод тестирования воздушной среды с помощью безаспирационной тест-системы «Аммиак» .....	29
4.4 Метод тестирования воды и водных растворов с помощью тест-систем .....	30
4.5 Методы количественного гидрохимического анализа воды и водных растворов с помощью аналитических растворов, реагентов и принадлежностей .....	31
4.6 Метод моделирования химических загрязнений окружающей среды .....	32
4.7 Методы гидробиологических исследований в оценке состояния водоёмов .....	32
5 Правила работы с мини-экспресс-лабораториями «Пчёлка-У» и меры безопасности .....	33
5.1 Общие правила работы .....	33
5.2 Меры безопасности при работе с мини-экспресс-лабораториями .....	34
5.3 Общие указания по методике проведения занятий .....	38
5.4 Рекомендации по оформлению результатов учебных исследований на примере международного конкурса «Инструментальные исследования окружающей среды» .....	39
5.5 Требования к подготовленности преподавателей и учащихся .....	41
5.6 Правила укладки и хранения мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» .....	41
5.7 Рекомендации по использованию визуальных средств на занятиях с применением мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» .....	42
6 Методика работы с мини-экспресс-лабораториями .....	44
6.1 Подготовка к работе с мини-экспресс-лабораториями .....	44
6.2 Методика применения индикаторных трубок при определении в воздухе диоксида углерода и приоритетных загрязнителей .....	44
6.2.1 Общие сведения .....	44
6.2.2 Объекты для практических работ с применением индикаторных трубок .....	45
6.2.3 Рекомендации по проведению занятия .....	46
6.2.4 Порядок применения индикаторных трубок совместно с аспиратором типа НП-3М .....	51
6.2.5 Порядок применения индикаторных трубок совместно с аспиратором НП-4 .....	56
6.2.6 Порядок применения индикаторных трубок совместно с сифонным аспиратором типа АМ-5Е .....	58
6.3 Методика применения тест-системы «Аммиак» .....	61
6.3.1 Особенности применения безаспирационных тест-систем для определения загрязнений воздуха .....	61
6.3.2 Порядок применения тест-системы «Аммиак» .....	62

6.4	Методика применения тест-систем при анализе воды и водных растворов	65
6.4.1	Общие указания по применению мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» для оценки качества воды и состава почвенных вытяжек	65
6.4.2	Принцип действия тест-систем для анализа воды и возможность их применения в учебном процессе	66
6.4.3	Выполнение анализа с применением тест-систем	70
6.4.3.1	Выполнение анализа на примере тест-системы «Нитрат-тест» с полимерным покрытием тест-полоски	70
6.4.3.2	Выполнение анализа с применением тест-систем без полимерного покрытия	72
6.4.3.3	Применение тест-систем при анализе вытяжек из сухих объектов	73
6.5	Методика оценки экологического состояния почвы с применением мини-экспресс-лабораторий	75
6.5.1	Общие сведения	75
6.5.2	Этапы практической работы	78
6.6	Методика применения тест-системы «Нитрат-тест» при контроле пищевых продуктов	80
6.7	Приготовление модельных воздушных смесей и освоение приёмов работы с индикаторными трубками	83
6.7.1	Общие положения	83
6.7.2	Приготовление учебных модельных загрязнений воздуха и их анализ	87
6.7.3	Методика проведения занятий	90
6.7.4	Эксперименты по приготовлению учебной модельной смеси и её анализу	92
6.8	Приготовление модельных растворов	96
6.9	Применение мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» при количественном гидрохимическом анализе	98
6.9.1	Правила отбора проб воды	98
6.9.2	Определение водородного показателя (рН) воды и почвенной вытяжки	99
6.9.3	Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности	99
6.9.4	Определение сульфатов	102
6.9.5	Определение хлоридов	103
6.9.6	Определение общей жёсткости	104
6.10	Применение мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/био» при гидробиологических исследованиях	106
7	Инструкции к проведению практических работ	108
	Работа 1. Определение содержания в воздухе углекислого газа	108
	Часть I. Экспресс-анализ воздуха на содержание углекислого газа	109
	Часть II. Экспресс-анализ выдыхаемого воздуха на содержание углекислого газа	110
	Работа 2. Определение загрязнителей воздуха в выхлопных газах автомобиля	112
	Работа 3. Экспресс-контроль загрязнённости воздуха парами аммиака	114
	Работа 4. Приготовление модельных загрязнений воды (сточных вод) и их экспресс-анализ	116
	Работа 5. Определение водородного показателя (рН) воды	119
	Работа 6. Приготовление почвенной вытяжки	120
	Работа 7. Определение рН почвенной вытяжки и оценка кислотности почвы	122

---

Работа 8. Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке .....	124
Работа 9. Определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке .....	129
Работа 10. Обнаружение хлоридов в модельном растворе, минеральной воде и почвенной вытяжке .....	132
Работа 11. Количественное определение хлоридов в воде и почвенной вытяжке .....	133
Работа 12. Определение и устранение жёсткости воды .....	136
Работа 13. Количественное определение общей жёсткости в воде и почвенной вытяжке .....	139
Работа 14. Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки .....	141
Работа 15. Определение засоленности почвы по солевому остатку .....	143
Работа 16. Определение органического вещества в почве .....	145
Работа 17. Оценка качества продуктов питания по содержанию в них нитратов .....	147
Работа 18. Изучение запылённости пришкольной территории .....	149
8 Список рекомендуемой литературы .....	152
9 Сведения о размещении интерактивных информационно-обучающих материалов к мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификациям в сети Интернет .....	155
10 Краткий словарь специальных терминов .....	158
<b>Приложения:</b>	
План урока по теме: «Оценка качества овощей и фруктов по содержанию в них нитратов» (для 9–11 классов) .....	162
Информационные приложения .....	166

---



## Предисловие

Широкий интерес работников образовательных учреждений к экологическим исследованиям и практикуму, привлечение учащихся, студентов, педагогов к практической экологической работе обусловили еще в 1990 г. создание и серийное производство научно-производственным объединением ЗАО «Крисмас+» экспериментальных образцов мини-лабораторий для учебных экологических исследований «Пчёлка-У». С 1996 г. ЗАО «Крисмас+» производит мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» серийно, причем в настоящее время выпускаются еще 3 модификации — «Пчёлка-У/м», «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва», а также (с 2014 г.) — «Пчёлка-У/био».

«Пчёлки» применяются во многих образовательных учреждениях по всей территории России и заняли заметное место в ряду современных технических средств обучения. Свидетельством тому является сертификация мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» в системе «УЧСЕРТ» при Российской академии образования на соответствие педагогическим, эргономическим и эстетическим требованиям, а также в системе сертификации аварийно-спасательных средств при МинЧС России.

В настоящее время возникают новые формы обучения, появляются новые экологически ориентированные учебные программы, учебники и практикумы. Имеет место массовое заимствование технологий учебных исследований окружающей среды в различные курсы, предметы и практики систем общего, дополнительного и профессионального образования. Это обуславливает и более высокие требования к методико-дидактическому обеспечению комплекта «Пчёлка-У», более точному определению его места в учебном процессе, делает необходимым знание педагогом возможных границ применимости данного учебного оборудования при изучении различных предметов. В руководстве приведена информация, помогающая педагогу освоить комплект, лучше понять методологию учебного процесса в области оценки состояния окружающей среды современными средствами, расширить арсенал педагогических технологий учителя.

---

В отдельную главу выделены описания примерных практических работ с применением входящих в состав комплекта индикаторных средств. Сопровождение описаний рисунками позволяет улучшить наглядность и узнаваемость операций.

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+» выражает благодарность за ценные замечания и помощь при создании комплекта-лаборатории «Пчёлка-У» в его современном виде: руководителю научно-технологического центра учебного оборудования при Российской академии образования, доктору педагогических наук, профессору, члену-корреспонденту РАО Татьяне Сергеевне Назаровой, заведующему кафедрой педагогики окружающей среды, безопасности и здоровья человека Санкт-Петербургской государственной академии постдипломного педагогического образования, доктору педагогических наук, профессору Сергею Владимировичу Алексееву, а также многим педагогам и специалистам, принимавшим участие в апробации комплекта по всей России и применяющим его в своей повседневной работе.

Вместе с тем, несмотря на сформированность изделия «Пчёлка-У» как типа учебного оборудования и его дидактико-методическую проработанность, ЗАО «Крисмас+» продолжает его совершенствование. Поэтому мы будем благодарны за отзывы, замечания и предложения относительно улучшения потребительских свойств серийно выпускаемых учебных изделий.

***Реквизиты для отзывов и пожеланий:***

191119, Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, д. 6.

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, 102.

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+».

Тел./факс: (812) 325-34-79, 713-20-38.

Тел.: (812) 575-54-05, 575-88-14, 764-61-42.

E-mail: [info@christmas-plus.ru](mailto:info@christmas-plus.ru)



---

# 1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» — портативные дидактико-методические комплектные лаборатории, включающие простейшие индикаторные средства, расходные материалы, принадлежности и приспособления для ознакомления с экспресс-контролем окружающей среды, техническую документацию (паспорт), а также настоящее руководство по применению.

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» предназначены для использования при работе со школьниками в ходе учебных экологических исследований, а также при проведении экологического практикума в курсах экологии, химии, биологии, ОБЖ, географии, спецкурсах/факультативах по экологическому мониторингу, геоэкологии, экологической химии и др.

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» в разных модификациях применяются для полевых и лабораторных экологических (химико-экологических, биолого-экологических и т.п.) ученических исследований и практикума, а также демонстрационных экспериментов по экологии, химии, биологии, географии, ОБЖ, в соответствующих профильных курсах в системах общего среднего, профессионального и дополнительного образования

Позволяют проводить эксперимент в различных формах организации работ учащихся: фронтальной, индивидуальной и групповой. Местом проведения работ могут быть как школьный кабинет, так и учебная лаборатория.

Изделия ориентированы на учащихся средних и специализированных школ, учреждений дополнительного образования, среднетехнических учебных заведений, студентов вузов, а также слушателей в системе последиplomного образования. Мини-экспресс-лаборатории рассчитаны на применение в учебном процессе начиная с 9 класса общеобразовательной школы, хотя по некоторым темам они могут быть использованы в 8 и даже в 7 классе, особенно при наличии у школьников начальной подготовки по химии и экологии.

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» рассчитаны на выполнение практических работ по нескольким независимым направлениям, одновременно несколькими учащимися (группами учащихся, студентов, слушателей). При этом проводится первичное экологическое обследование объектов окружающей среды, практическое ознакомление обучаемых с методами экологического обследования, современными средствами экспресс-контроля и методиками их

---

применения. Мини-экспресс-лаборатории позволяют также решать задачи качественного анализа и идентификации отдельных химических соединений по функциональным группам.

Мини-экспресс-лаборатории «Пчелка-У» включены в перечни оборудования, рекомендованного для школьных кабинетов химии, биологии, экологии, географии, ОБЖ и для внешкольного/дополнительного образования.

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» выпускаются в базовом варианте и четырёх основных модификациях (рис. 1).

«Пчёлка-У» — базовый вариант мини-экспресс-лаборатории, включающий наиболее широкий круг средств контроля окружающей среды. Рассчитан на проведение практических работ ознакомительного (начального), среднего и повышенного уровней. Данная модификация входит в состав:

— комплекта контрольного оборудования для лаборатории «Безопасность жизнедеятельности и экология» (БЖЭ);

— многофункциональной лаборатории «Я – эколог» и др.

«Пчёлка-У/м» — модификация, предназначенная для проведения занятий на основе пособия «Экологический практикум» [20]. Данная модификация изделия входит также в состав выпускаемого ЗАО «Крисмас+» типового комплекта оборудования для лаборатории «Экологический практикум», комплекта-практикума экологического «КПЭ».

«Пчёлка-У/хим» — модификация, предназначенная для занятий химико-экологической направленности среднего и повышенного уровня сложности, для организации лабораторного эксперимента, лабораторных и практических занятий.

«Пчёлка-У/био» — модификация, предназначенная для использования в ходе учебных комплексных биолого-экологических исследований, а также при проведении соответствующих практикумов. Обеспечивая те же возможности, что и базовая модификация, «Пчёлка-У/био» позволяет проводить занятия по биоиндикации и биомониторингу водоёмов путём определения различных биотических индексов (Вудивисса, Майера, биотического индекса ручья).

«Пчелка-У/почва» — модификация, специально предназначенная для исследований экологического состояния почвы среднего и повышенного уровня сложности, с направленностью на вопросы почвоведения, агрохимии и агрономии, для организации лабораторного эксперимента, лабораторных и практических занятий.

Направления практических работ, реализуемые с помощью «Пчёлки-У» и её модификаций, приведены в табл. 1. Входящие в состав мини-экспресс-лабораторий индикаторные средства могут быть использованы также индивидуально.



Рис. 1. Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У»:

- а, б – в упаковке типа «мини-кейс» (модификации «Пчёлка-У» и «Пчёлка-У/м»), в закрытом (а) и открытом (б) видах;
- в, г, д – в упаковке типа «контейнер» (модификации «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва»), в закрытом (в) и развернутом (г, д) видах;
- е, ж – в упаковке в коробке из гофрокартона (модификации «Пчёлка-У» и «Пчёлка-У/м»), в закрытом (е) и открытом (ж) видах;
- з – в упаковке типа «контейнер» (модификация «Пчёлка-У/био») в открытом виде, с сачком гидробиологическим

## Направления практических работ с мини-лабораториями «Пчёлка-У»\*

Объект исследований	Применяемые экспресс-средства	Анализируемые соединения/загрязнители				«Пчёлка-У/ почва»
		«Пчёлка-У»	«Пчёлка-У/ био»	«Пчёлка-У/ хим»	«Пчёлка-У/ почва»	
1 Воздух, модельные химические загрязнения воздуха	Индикаторные трубки, совместно с аспиратором	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	Не выполняются	
	Тест-система «Аммиак»	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>		
2 Вода, модельные химические загрязнения воды	Тест-системы	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH	
	Тестовые и аналитические растворы	Не выполняется	Не выполняются	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , общая жёсткость, pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , общая жёсткость, pH	
3 Почвенные вытяжки, модельные химические загрязнения почвы	Тест-системы	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH (кислотность почв)	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH (кислотность почв)	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH (кислотность почв)	Активный хлор, Fe общее, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cr (VI), pH (кислотность почв)	
	Тестовые и аналитические растворы	Не выполняется	Не выполняются	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , pH (кислотность, засолённость почв, содержание солей Ca и Mg по общей жёсткости в почвенной вытяжке)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , pH (кислотность, засолённость почв, содержание солей Ca и Mg по общей жёсткости в почвенной вытяжке)	

Объект исследований	Применяемые экспресс-средства	Анализируемые соединения/загрязнители				
		«Пчёлка-У»	«Пчёлка-У/м»	«Пчёлка-У/био»	«Пчёлка-У/хим»	«Пчёлка-У/почва»
4 Соли и выгущие среды (удобрения, АХОВ, соли неизвестного происхождения и др.)	Тест-системы	Активный хлор, Fe вообще, $\text{NO}_3^-$ , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe вообще, $\text{NO}_3^-$ , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe вообще, $\text{NO}_3^-$ , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe вообще, $\text{NO}_3^-$ , Cr (VI), pH	Активный хлор, Fe вообще, $\text{NO}_3^-$ , Cr (VI), pH
	Тестовые и аналитические растворы	Не выполняется	Не выполняется	Не выполняется	$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$	$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$
5 Овощи, фрукты, соки	Тест-система «Нитрат-тест»	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$
6 Состояние сообщества гидробионтов с расчетом гидробиологических индексов	Набор гидро-биологический с сачком (по заказу – сет-кой гидробиологической)	Не выполняется	Не выполняется	Оценка состояния водоема (оценка со-обществ) с рас-четом индексов Вудивисса и Майера, рей-тинга ручья	Не выполня-ются	Не выполня-ются

\* Допускаются непринципиальные изменения (указываются в паспорте на изделие).

---

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» позволяют выполнять практические работы непосредственно на исследуемом объекте (например, в полевых условиях) или в лаборатории (кабинете) при использовании предусмотренных в их составе приспособлений и вспомогательных средств. Простота методик для практической работы позволяет эффективно применять мини-экспресс-лаборатории в разнообразных учебных ситуациях. Так, большой опыт применения модификаций изделий «Пчёлка-У» накоплен на практических занятиях по экологии, химии с элементами экологии (изучение химического состава воздуха и воды), по биологии (при изучении процессов дыхания), ОБЖ (оценка факторов химической опасности и АХОВ\*), на специализированных интегрированных курсах, факультативах и кружках (антропогенное загрязнение воздуха автотранспортом, оценка экологического состояния почвы по кислотности, степени засоленности и др.), при гидробиологических исследованиях и т.п.

Изделия «Пчёлка-У» всех модификаций не подлежат санитарно-эпидемиологической экспертизе и декларированию соответствия.

Продукция производится под зарегистрированными товарными знаками «Крисмас» и «Пчёлка».

Индикаторные трубки, входящие в состав изделий, внесены в Госреестр РФ средств измерений.

---

\* Аварийные химически опасные вещества, см. краткий словарь терминов.

## 2 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мини-экспресс-лаборатории выпускаются в переносных укладках двух основных типов: пластмассовом контейнере (габаритные размеры не более 510 × 260 × 230 мм) и пластмассовом мини-кейсе (80 × 370 × 400 мм).

Масса изделия составляет не более 3 кг.

Основные характеристики изделия при контроле загрязнённости воздуха с применением индикаторных трубок приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Основные характеристики индикаторных трубок для контроля воздуха из состава мини-экспресс-лабораторий серии «Пчёлка-У»

Наименование определяемого вещества	Диапазон контролируемых концентраций,* мг/м <sup>3</sup>	Объём пробы воздуха для анализа, см <sup>3</sup>	Ориентировочное время прокачивания 100 мл воздуха, мин.	Индикационный эффект (изменение окраски)**
1 Углекислый газ, CO <sub>2</sub>	0,01–2,0 об. %	100–900	1,5	С сиреневой на тёмно-фиолетовую
2 Сернистый газ***, SO <sub>2</sub>	2–130	300–1400	2	С фиолетовой на белую
3 Диоксид азота, NO <sub>2</sub>	1–50	400–1400	1,5	С белой на бордово-коричневую
4 Кислород, O <sub>2</sub>	1–21 об. %	100	2–4	С голубой на коричневую

**Примечания.** \* Диапазон контролируемых концентраций приведён ориентировочно. Диапазон может изменяться в зависимости от типов применяемых индикаторных трубок (приведён на упаковках трубок).

\*\* Цвет и интенсивность возникающего на наполнителе индикаторной трубки индикационного эффекта зависит от величины концентрации определяемого компонента, от состава анализируемого воздуха, а также от времени и условий хранения индикаторных трубок.

\*\*\* Индикаторные трубки на сернистый газ используются в комплекте с прилагаемыми фильтрующими трубками (1 шт. на 5 индикаторных трубок).

Характеристики изделия при экспресс-контроле загрязнённости воздуха, воды и водных сред с применением тест-систем приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Основные характеристики тест-систем из состава мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У»**

Наименование тест-системы	Определяемый компонент	Диапазон контролируемой концентрации, мг/л*	Индикационный эффект	Примесь, мешающая определению**
<b>Контроль воздуха</b>				
1 Аммиак	Пары аммиака в воздухе	10–100–1000 мг/м <sup>3</sup>	С жёлтой на синюю	—
<b>Контроль воды и водных сред</b>				
2 Активный хлор	Активный хлор в свободной и связанной формах (Cl <sub>2</sub> , гипохлориты, хлорамины тп.)	0–1,2–5–10–30–100	С белой на синюю	Хромат-ион (бихромат-ион) и др. сильные окислители
3 Железо общее	Сумма ионов Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	0–30–50–100–1000	С белой на бежево-коричневую	—
4 Нитрат-тест	Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0–20–50–200–1000	С белой на розово-малиновую	Нитрит-ион
5 Хромат-тест	Ионы Cr <sup>6+</sup> в составе хромат- и бихромат-ионов (CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> )	0–3–10–100–1000	С белой на фиолетовую	—
6 pH-тест	Водородный показатель	2–11 ед. pH	От красного до тёмно-синего	—

**Примечания.** \* Диапазон определяемых концентраций может быть расширен посредством разбавления анализируемых проб.

\*\* Указаны примеси, вызывающие при высоких концентрациях индикационный эффект, аналогичный эффекту от определяемого компонента (маскирующий эффект).

Основные характеристики мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» при количественном гидрохимическом анализе приведены в табл. 4.



Таблица 4

**Основные характеристики мини-экспресс-лабораторий  
«Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» при количественном  
гидрохимическом анализе**

Определяемый компонент	Диапазон определяемых концентраций*	Используемый метод
Карбонаты и гидрокарбонаты ( $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ ), в воде и почвенной вытяжке	30–1200 мг/л	Титриметрический
Общая жёсткость, сумма $\text{Ca}^{2+}$ и $\text{Mg}^{2+}$	3,5–10 °Ж (ммоль/л экв.)	Титриметрический
pH (водородный показатель) $-\lg[\text{H}^+]$ , в воде и почвенной вытяжке	4,5–11,0	Визуально-колориметрический
Сульфаты ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), в воде и почвенной вытяжке	30–300 мг/л	Титриметрический
Хлориды ( $\text{Cl}^-$ ), в воде и почвенной вытяжке	10–1200 мг/л	Титриметрический

**Примечание.** \* Диапазон определяемых концентраций приведён ориентировочно и может быть расширен посредством разбавления (упаривания) анализируемой пробы.

Реагенты для моделирования химической загрязнённости объектов окружающей среды и освоения приёмов работы с индикаторными средствами при анализе воздуха, воды и почвы приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Реагенты для моделирования химической загрязнённости  
объектов окружающей среды**

Наименование реагента	Химическая формула	Моделируемый компонент-загрязнитель	
		Водная среда	Воздушная среда
1 Железа (II) сульфат (железа (III) хлорид)	$\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	Железо (II) (Железо (III))	—
2 Калия карбонат	$\text{K}_2\text{CO}_3$	Повышенная щёлочность среды	—
3 Калия хромат (калия бихромат)	$\text{K}_2\text{CrO}_4$ ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )	Хромат-ион (Бихромат-ион)	—
4 Натрия нитрат (калия нитрат)	$\text{NaNO}_3$ ( $\text{KNO}_3$ )	Нитрат-ион	—

Наименование реагента	Химическая формула	Моделируемый компонент-загрязнитель	
		Водная среда	Воздушная среда
5 Натрия нитрит (калия нитрит)	$\text{NaNO}_2$ ( $\text{KNO}_2$ )	Нитрит-ион	Оксид азота (IV)
6 Лимонная кислота (щавелевая кислота)	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \times \text{H}_2\text{O}$ ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ )	Повышенная кислотность среды	—
7 Хлорамины Б (известь хлорная)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{N}(\text{Na})\text{Cl} \times 3\text{H}_2\text{O}$ ( $\text{CaOCl}_2$ )	Активный хлор	—

Продолжительность выполнения анализа индикаторными средствами составляет:

- 1) при контроле воздуха с применением индикаторных трубок — от нескольких секунд до десятков минут;
- 2) при контроле воздуха с применением безаспирационных тест-систем — от 1 с до 8 ч (при контроле паров аммиака);
- 3) при контроле воды (водных сред) с применением тест-систем — от 1 до 5 мин.

Параметры окружающей среды при применении индикаторных средств (рабочие условия):

- 1) для индикаторных трубок (при количественном анализе)
 

температура воздуха, °C	от 10 до 35;
относительная влажность воздуха, %	от 30 до 95;
атмосферное давление, мм.рт.ст. (кПа)	от 630 до 800; (от 84,6 до 106,7);
- 2) для тест-систем
 

температура воздуха, °C	от 10 до 35;
температура воды, °C	от 5 до 40;
относительная влажность воздуха	не регламентируется;
атмосферное давление	не регламентируется.

**Примечание.** Для качественного (сигнального) анализа индикаторные трубки и тест-системы могут применяться и при других параметрах окружающей среды (при температуре воздуха 0–50°C, температуре воды 0–70°C).

---

## Ресурс изделия

Индикаторные средства, входящие в состав комплекта, позволяют выполнить:

- индикаторные трубки — 10 анализов воздуха по каждому компоненту;
- тест-системы — не менее 100 анализов воды по каждому компоненту;
- безаспирационная тест-система «Аммиак» — не менее 50 анализов воздуха;
- растворы, реагенты и принадлежности для гидрохимического анализа — 50 и более анализов по каждому компоненту (модификации «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»).

## Точностные данные при анализах

В зависимости от определяемых компонентов и анализируемых сред выполняются количественные и полуколичественные анализы, а также качественные (индикационные) оценки. Количественный анализ выполняется с помощью индикаторных трубок (анализ воздуха), а также аналитических растворов и реагентов (анализ воды, почвенных вытяжек, модельных растворов). Полуколичественный и качественный анализ выполняется с помощью тест-систем (анализ воды, почвенных вытяжек, модельных растворов) и экспресс-теста на пары аммиака.

При использовании индикаторных трубок в рабочих условиях применения относительная погрешность результата измерений концентраций загрязнителей в воздухе составляет не более  $\pm 25\%$ , при условии использования трубок с не истёкшим сроком годности.

**Примечание.** При использовании индикаторных трубок вне рабочих условий результаты анализа считаются сигнальными (индикационными).

Экспресс-анализ проб воды («Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва») при определении карбонатов, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и общей жёсткости может выполняться количественно при условии точного и правильного выполнения необходимых операций и использования реагентов и растворов с не истёкшим сроком годности.

Точностные характеристики при контроле воды и водных растворов с помощью тест-систем не нормируются (определение носит качественный и сигнальный характер).

---

### 3 КОМПЛЕКТНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ МИНИ-ЭКСПРЕСС-ЛАБОРАТОРИЙ «ПЧЁЛКА-У»



Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» представляют собой функционально-целостные наборы индикаторных средств, специальных реагентов, вспомогательного оборудования и приспособлений, уложенных вместе с технической документацией и учебно-методической литературой в жёсткий переносной контейнер-укладку. К изделию может прилагаться дополнительная документация по перечню, согласованному с потребителем\*.

Состав изделия в его модификациях приведён в табл. 6.

Следует отметить, что в комплектность и укладку изделий могут быть внесены незначительные изменения, не влияющие на эксплуатационные и технические характеристики. Состав мини-экспресс-лабораторий может быть изменён также по условиям поставки.

---

\* Учебно-методическая литература и средства дополнительной комплектации могут укладываться отдельно от изделия.

Состав изделий «Пчёлка-У» в различных модификациях

Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	
<b>Средства экспресс-анализа</b>						
1 Индикаторные трубки	30 шт.	CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	Анализ воздуха
2 Тест-система «Аммиак»	1 уп.	+	+	+	+	Обнаружение паров аммиака в воздушных средах
3 Тест-система «Нитрат-тест»	1 уп.	+	+	+	+	Определение нитратов в овощах, фруктах, соке, воде
4 Тест-системы («Активный хлор», «Железо общее», «Хромат-тест», «pH-тест»)	По 1 уп.	+	+	+	+	Обнаружение модельных загрязнений в водных средах
<b>Посуда и принадлежности</b>						
5 Аспиратор (насос-пробоотборник) НП-4 (НП-3М, АМ-5) с паспортом	1 шт.	+	+	+	+	Прокачивание воздуха через индикаторные трубки
6 Бумага индикаторная универсальная	1 уп.	—	—	—	+	Определение pH
7 Воронка полимерная	1 шт.	+	+	+	+	Фильтрование почвенной вытяжки
8 Игла препаративная	2 шт.	—	—	—	—	Перемещение и позиционирование гидрионтов
9 Камера полиэтиленовая	1 шт.	+	+	+	—	Моделирование загрязнений воздуха, отбор проб

Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	
10 Карандаш специальный	1 шт.	—	—	+	—	Маркировка флаконов с пробами
11 Контейнер-укладка с ручкой	1 шт.	+	+	+	+	Укладка составных частей комплекта
12 Контрольная шкала образцов окраски	2 шт.	—	—	—	+	Определение pH, определение общей жёсткости
13 Кювета белая пластмассовая	2 шт.	—	—	+	—	Наблюдения донных беспозвоночных животных
14 Лупа	1 шт.	+	+	+	+	Изучение строения гидробионтов и др. организмов в ходе их идентификации (исследования). Наблюдение объектов (почвы, солев. следа)
15 Мешок полиэтиленовый	5 шт.	+	+	+	+	Транспортирование проб почвы
16 Набор пипеток полимерных	1 шт.	+	+	+	+	Работа с растворами, тест-системами
17 Ножницы	1 шт.	+	+	+	+	Работа с тест-системами
18 Очки защитные	1 шт.	+	+	+	+	Защита глаз
19 Перчатки защитные	1 уп.	+	+	+	+	Защита кожи рук
20 Пинцет	1 шт.	+	+	+	+	Отлов и перемещение организмов. Работа с тест-системами

Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	
21 Пипетка стеклянная градуированная	2 шт.	—	—	—	+	Титрование
22 Поднос-лоток	1 шт.	+	+	+	+	Размещение оборудования. Работа с растворами, тест-системами
23 Предметные стёкла	5 шт.	+	+	+	+	Наблюдение объектов
24 Пробирка колориметрическая с меткой «5 мл» и пробкой	2 шт.	+	+	+	+	Отбор проб воды
25 Салфетки	1 уп.	+	+	+	+	Протирание рук и принадлежности
26 Сачок специальный гидробиологический «ССГ»	1 шт.	—	—	+	—	Отлов гидробионтов (планктона и бентоса) при определении биотических индексов
27 Слянка с метками «2,5 мл», «5,0 мл», «10 мл»	2 шт.	—	—	—	+	Определение общей жёсткости, $SO_4^{2-}$
28 Слянка с метками «5 мл», «10 мл», «20 мл»	2 шт.	—	—	—	+	Определение $CO_3^{2-}$ , $HCO_3^-$ , $Cl^-$
29 Слянка с пробкой на 20 мл	10 шт.	—	—	+	—	Транспортировка и хранение мелких и средних водных беспозвоночных животных
30 Скотч	1 уп.	—	—	+	—	Защита этикеток при маркировке флаконов с пробами

Наименование	Кол-во	Модификация					Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	«Пч-У/почва»	
31 Стакан полимерный на 100 мл	1 шт.	+	+	+	+	+	Приготовление почвенной вытяжки
32 Стакан полимерный на 50 мл	3 шт.	—	—	+	—	—	Заполнение флаконов жидкостью
33 Стойка-штатив	1 шт.	—	—	—	+	+	Размещение пипетки и шприца-дозатора при титровании
34 Столик для сухого горючего	1 шт.	—	—	—	+	+	Защита рабочей поверхности стола
35 Сухое горючее (4 табл.)	1 уп.	—	—	—	+	+	Нагревание образцов
36 Трубка гибкая	1 шт.	—	—	—	+	+	Соединение пипетки со шприцем при титровании
37 Фильтры бумажные	1 уп.	+	+	+	+	+	Фильтрование почвенной вытяжки
38 Флакон полимерный	1 шт.	+	+	+	+	+	Отбор проб сыпучих материалов и почвы. Транспортировка и хранение гидробионтов
39 Чашка Петри (d = 6 см)	10 шт.	—	—	+	—	—	Сортировка водных беспозвоночных животных из пробы для идентификации и дальнейшего определения гидробиологических индексов
40 Шпатель	2 шт.	+	+	+	+	+	Отбор образцов почвы
41 Шприц-дозатор	1 шт.	—	—	—	+	+	Титрование



Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/м»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	
42 Штатив полимерный	1 шт.	+	+	+	+	Размещение пробирок
43 Этикетки самоклеящиеся	1 комп.	—	—	+	—	Маркировка образцов
<b>Растворы и реагенты</b>						
44 Калия хлорид (навеска 38 г)	1 уп.	+	+	+	+	Приготовление раствора для почвенной вытяжки
45 Раствор гидроксида натрия (0,1 моль/л)	15 мл	—	—	—	+	Определение $\text{SO}_4^{2-}$
46 Раствор индикатора универсального	15 мл	—	—	—	+	Определение pH воды, почвы
47 Раствор индикатора фенолфталеина	15 мл	—	—	—	+	Определение $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$
48 Раствор нитрата серебра (0,05 моль/л экв.)	100 мл	—	—	—	+	Определение $\text{Cl}^-$
49 Раствор органилового К в этаноле	250 мл	—	—	—	+	Определение $\text{SO}_4^{2-}$
50 Раствор смешанного индикатора	15 мл	—	—	—	+	Определение $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$
51 Раствор соляной кислоты (0,05 моль/л экв., титрованный)	100 мл	—	—	—	+	Определение $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$
52 Раствор соляной кислоты (0,1 моль/л)	15 мл	—	—	—	+	Определение $\text{SO}_4^{2-}$
53 Раствор спирта этилового (70%)	250 мл	—	—	+	—	Фиксация гидробионтов для хранения и дальнейшей идентификации

Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/био»	«Пч-У/хим»	
54 Раствор титранта	15 мл	—	—	—	+	Определение общей жёсткости
55 Раствор хлорида бария (0,02 моль/л экв.)	100 мл	—	—	—	+	Определение $\text{SO}_4^{2-}$
56 Раствор хромата калия	15 мл	—	—	—	+	Определение $\text{Cl}^-$
57 Реагенты для моделирования	По 5 г	+	+	+	+	Моделирование загрязнённости воды, воздуха, почвы
<b>Учебно-методические пособия и документация</b>						
58 Руководство по применению мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификаций при учебных экологических исследованиях (настоящее руководство)	1 экз.	+	+	+	+	Общее методическое пособие
59 Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки, [30]	1 экз.	—	—	—	+	Пособие по гидрохимическим исследованиям
60 Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство (пособие, [19])	1 экз.	—	—	—	+	Пособие по оценке показателей экологического состояния почвы
61 Экологический практикум (пособие, [20])	1 экз.	+	+	+	+	Учебно-методическое пособие с комплектом карт-инструкций

Наименование	Кол-во	Модификация				Назначение	
		«Пч-У»	«Пч-У/М»	«Пч-У/Био»	«Пч-У/Хим»		«Пч-У/Лочва»
62 Контрольные измерительные материалы. Вода и водные объекты: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки.	1 экз.	—	—	+	+	+	Оценка качества образования
63 Контрольные измерительные материалы. Воздушная среда: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки.	1 экз.	+	+	+	+	—	Оценка качества образования
64 Контрольные измерительные материалы. Почва: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки.	1 экз.	—	—	+	—	+	Оценка качества образования
65 Комплект интерактивных файлов пособий (формат PDF) *	1 шт.						Интерактивные технологии обучения
66 Паспорт	1 экз.	+	+	+	+	+	Технические данные на изделие в поставленной модификации
67 Сертификат	1 экз.	+	+	+	+	+	—

\* Комплект файлов пособий может размещаться на прилагаемом компакт-диске («Учебно-методические пособия и руководства») или в ином съёмном устройстве. Комплект файлов может также быть доступен покупателю удалённо по предоставляемым ссылкам.

**Примечания:** 1. Кислоты (серная, соляная, азотная), необходимые для приготовления учебных модельных воздушных смесей, в состав изделий не входят.

2. Допускаются незначительные изменения состава изделий, не ухудшающие эксплуатационные характеристики (указывается в паспорте на изделие).

## 4 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



При оценке экологического состояния объектов окружающей среды с помощью мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» используются унифицированные, широко применяемые на практике химические и физико-химические методы. При этом изделие «Пчёлка-У» является адаптированным для учебных целей аналогом изделия «Пчёлка-Р», серийно выпускаемого ЗАО «Крисмас+» для применения службами по чрезвычайным ситуациям (ЧС), а также для нужд промышленных предприятий. Применяемые средства контроля являются экспрессными. Такие средства позволяют получить результаты анализа достаточно легко и быстро (в течение нескольких минут) при отсутствии трудоемких подготовительных операций, связанных с приготовлением растворов и реагентов.

Проведение гидробиологических исследований также максимально облегчено благодаря обеспеченности гидробиологическим набором, специальным сачком и сетью гидробиологической.

### 4.1 Направления работы с мини-экспресс-лабораториями

Оцениваемые при работах с изделием параметры окружающей среды, используемые индикаторные и другие средства оснащения приведены в табл. 7.

*Таблица 7*

**Оцениваемые параметры и средства оснащения**

Объекты	Параметры	Средства оснащения*
1 Воздушная среда (воздух, модельные воздушные смеси)	Содержание аммиака, диоксида азота, кислорода, сернистого газа, углекислого газа	Индикаторные трубки совместно с аспиратором, безаспирационная тест-система «Аммиак»
2 Водная среда (вода водоёмов, почвенные вытяжки, модельные сточные воды)	Содержание природных компонентов и загрязняющих веществ (активный хлор, железо общее, карбонаты, нитраты, сульфаты, хлориды, хроматы, pH)	Тест-системы для определения загрязнений в воде и водных растворах, тест-растворы

Объекты	Параметры	Средства оснащения*
3 Продукты питания (овощи, фрукты, соки и т. п.)	Содержание нитратов	Тест-система «Нитрат-тест»
4 Почва	Кислотность и засоленность почвы	Тест-система «рН-тест»; хлорид калия, вода, спиртовка, предметное стекло, тест-растворы
5 Сообщество гидробионтов	Значения индексов Вудивисса и Майера	Гидробиологический набор, сачок специальный гидробиологический СГС, сеть гидробиологическая (поставляется по дополнительному заказу)

\* В зависимости от модификации изделия (см. табл. 6).

Ниже, в пп. 4.2–4.7, описаны методы оценки исследуемых параметров состояния окружающей среды, а в разделе 6 — методики работы, касающиеся как технологии применения тестовых средств так и проведения занятий с учащимися.

## 4.2 Метод определения состава воздуха с помощью индикаторных трубок

Индикаторные трубки являются современными, наиболее дешёвыми, простыми в применении и наглядными средствами быстрого («экспрессного») количественного определения концентрации химических веществ в воздухе. Индикаторные трубки широко используются в России и за рубежом для анализа воздуха и промышленных газовых выбросов.

Входящие в состав мини-экспресс-лабораторий индикаторные трубки являются одноразовыми газоопределителями линейно-колористического типа. Принцип действия индикаторных трубок основан на изменении окраски индикаторного порошка-наполнителя при взаимодействии с определяемым веществом, происходящим при пропускании загрязнённого воздуха через индикаторную трубку, и измерении длины прореагировавшего (изменившего окраску) порошка. При этом происходит поглощение из воздуха компонента-загрязнителя, сопровождающееся избирательной химической реакцией этого компонента с нанесенным на индикаторный порошок аналитическим реагентом (индикатором). В результате химической реакции происходит образование окрашенных продуктов и, соответственно, изменение окраски индикаторного порошка (индикационный эффект). Длина изменившего окраску слоя является

---

ся мерой концентрации определяемого компонента в анализируемом воздухе. Индикаторная трубка применяется совместно со специальным пробоотборным устройством – аспиратором, которое работает циклически. При таком прокачивании воздуха определение его состава с помощью индикаторных трубок носит количественный характер, а сами трубки являются средствами измерений.

Селективность контроля воздуха с помощью некоторых индикаторных трубок достигается применением совместно с индикаторной трубкой соответствующей фильтрующей трубки. При этом воздух прокачивается через последовательно соединённые фильтрующую и индикаторную трубки. Фильтрующая трубка поглощает большинство мешающих примесей, пропуская анализируемый компонент.

### **4.3 Метод тестирования воздушной среды с помощью безаспирационной тест-системы «Аммиак»**

Безаспирационная тест-система «Аммиак» является эффективным индикаторным средством определения загрязнения воздушной среды, не требующим, в отличие от индикаторных трубок, аспиратора для прокачивания паров контролируемого воздуха при анализе.

Принцип действия тест-системы «Аммиак» основан на пассивном (за счёт диффузии) проникновении молекул определяемого загрязнителя к активному слою, который при взаимодействии с загрязнителем изменяет окраску. При таком принципе работы результатом анализа являются значения концентрации, усреднённые за время экспонирования (например, за несколько часов, либо до момента срабатывания тест-системы). Это свойство создаёт ряд незаменимых качеств данного типа средств контроля, в частности, возможность определения средневзвешенной концентрации загрязнителя в воздухе за период экспонирования.

Количество окрашенных продуктов, накапливаемое при экспонировании рабочего участка, со временем становится достаточным для визуального определения срабатывания тест-системы (достижения порогового окрашивания рабочего участка). Срабатывание тест-системы хорошо различимо глазом при достаточном освещении и выражается в изменении окраски рабочего участка индикаторной полоски. Время срабатывания тест-системы зависит от концентрации в воздухе паров аммиака.

Характеристики изделия при экспресс-контроле загрязнённости воздуха с применением безаспирационной тест-системы «Аммиак» определяются зави-

---

симостью времени срабатывания тест-системы от ориентировочной концентрации паров аммиака. Срабатывание происходит при концентрациях от 10 мг/м<sup>3</sup> (ПДК воздуха рабочей зоны) до 0,7 мг/м<sup>3</sup> («очень опасно»).

Определение загрязнения воздушной среды с помощью тест-системы носит качественный либо полуколичественный характер, а сама тест-система является средством сигнального контроля.

#### **4.4 Метод тестирования воды и водных растворов с помощью тест-систем**

Тест-системы позволяют анализировать воду и различные водные среды (почвенные вытяжки, вытяжки из сыпучих материалов и т.п.).

В тест-системах ЗАО «Крисмас+» использованы методы химического анализа определяемых соединений с соответствующими реагентами (индикаторами), нанесёнными на основу тест-системы.

В процессе применения тест-системы для контроля воды и водных растворов, в начальной стадии происходит впитывание раствора, содержащего определяемый компонент, гидрофильной основой теста. Основа тест-системы с нанесённым на неё реагентом во многих тест-системах ограничена тонкими прозрачными полимерными плёнками, что обеспечивает точную дозировку тестируемого раствора (подробнее см. п. 6.4.2). Попавший таким образом на индикаторную полоску анализируемый компонент химически реагирует с находящейся на ней же аналитической рецептурой с образованием окрашенных соединений. Возникающий индикационный эффект наблюдается визуально непосредственно на индикаторной полоске (активный хлор, хромат-тест) или через прозрачную плёнку (остальные тест-системы). Такой метод регистрации индикационного эффекта называется визуально-колориметрическим. В результате химического тестового анализа рабочие участки тест-полосок приобретают окраску, цвет и интенсивность которой являются мерой концентрации анализируемого компонента в растворе. Визуально сопоставляя окраску рабочего участка с цветовыми образцами шкалы, получают результат анализа. За результат анализа при визуальном колориметрировании принимают значение концентрации компонента, наиболее соответствующее по окраске образцу контрольной шкалы. С химическими реакциями, протекающими при анализе растворов с применением тест-систем, можно познакомиться в руководстве [30].

Загрязнённость (химический состав) почвы данным методом может оцениваться путём тестирования предварительно подготовленной почвенной вытяжки (водной, солевой).

Тест-системы позволяют оценивать показатели качества воды, а также продуктов питания — овощей, фруктов, соков («рН-тест», «Нитрат-тест»). Тест-система «Нитрат-тест» позволяет тестировать не только воду, но и соки, овощи, фрукты, а также зелень, что позволяет оценивать качество указанных продуктов по содержанию в них нитратов.

Определение с помощью тест-систем носит качественный либо полуколичественный характер, а сами тест-системы являются средствами сигнального контроля.

#### **4.5 Методы количественного гидрохимического анализа воды и водных растворов с помощью аналитических растворов, реагентов и принадлежностей**



Данные методы основаны на химических реакциях определяемых компонентов в воде (водной вытяжке) с реагентами, содержащимися в аналитических растворах из состава мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим» (рис. 2), «Пчёлка-У/почва». Растворы имеют специально подобранный химический состав, а их добавление к анализируемой пробе проводится с использованием мерной химической посуды (полимерной либо стеклянной).

Анализ выполняется полевыми методами, позволяющими количественно определять химический состав воды и водных растворов непосредственно у водного объекта, в полевых условиях.

Рис. 2. Принадлежности для количественного гидрохимического анализа из состава мини-лаборатории «Пчёлка-У/хим»



---

## **4.6 Метод моделирования химических загрязнений окружающей среды**

Метод моделирования химических загрязнений окружающей среды представляет собой воспроизведение реальных факторов воздействия на окружающую среду в приемлемых для учебного процесса формах (микромасштабах) и состоит во введении в изучаемые среды (воздушную, водную, почву) химических соединений-загрязнителей в определённых количествах, согласно расчёту. Метод моделирования позволяет проводить изучение загрязнённых сред и анализ загрязнений доступными средствами.

Простота и наглядность экспериментов по приготовлению учебных модельных смесей и их анализу позволяет проводить их в классах, кабинетах и учебных лабораториях. Проблема утилизации отходов после экспериментов с использованием моделирования практически отсутствует из-за малых количеств химикатов.

Способ приготовления воздушных модельных смесей и определение в них химических компонентов-загрязнителей с помощью индикаторных трубок подробно изложен в п. 6.7 настоящего руководства, приготовление модельных растворов и их анализ тест-системами — в п. 6.8.

## **4.7 Методы гидробиологических исследований в оценке состояния водоёмов**

Используемые методы основаны на визуальном наблюдении и счёте водных организмов (донных беспозвоночных, высших водных растений и др.) и составляют основу широко используемых учебными коллективами и специалистами методов биоиндикации. Приведённые в прилагаемом к изданию в модификации «Пчёлка-У/био» руководстве [10] сведения включают методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных, методику расчёта биотических индексов (Вудивисса, Майера, рейтинга ручья), методики оценки экологического состояния водотока (реки, ручья) с помощью высших растений и др. Подробно описаны принадлежности и оборудование, применяемые при гидробиологических исследованиях, методы первичной обработки проб, приведён краткий полевой определитель донных беспозвоночных, обитающих в ручьях, и другая дополнительная информация. С помощью данных методик группа мониторинга сможет выйти на качественную и условно-балльную оценку состояния водного объекта по общепринятым гидробиологическим критериям.

---

## 5 ПРАВИЛА РАБОТЫ С МИНИ-ЭКСПРЕСС-ЛАБОРАТОРИЯМИ «ПЧЁЛКА-У» И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

### 5.1 Общие правила работы

Перед тем как приступить к работе, преподавателю необходимо подробно ознакомиться с настоящим руководством и самостоятельно выполнить запланированные эксперименты. Использование изделия учащимися может происходить только под контролем преподавателя (руководителя работ). Организаторам практических занятий с учащимися следует иметь в виду, что дети не должны подвергаться опасности при подготовке и выполнении практических работ. Недопустимо приступать к работе, не убедившись в знании учащимися факторов опасности и безопасных приёмов работы, которые описаны при изложении методики проведения занятий.

Большинство используемых методов оценки состояния окружающей среды являются химическими, т.к. позволяют определить компоненты химического состава среды и основаны на использовании химических реакций. Перед тем как приступить к работе необходимо усвоить соответствующие теоретические сведения и практически освоить основные операции анализов. Для этого, обычно в лабораторных условиях, проводится обучение приёмам работы и правилам техники безопасности с использованием модельных растворов реагентов, имеющих в молекуле определяемый компонент (катион, анион, функциональные группы). Для обучения могут использоваться также специально приготовленные модельные растворы с известным значением концентрации целевого компонента. Обучение по определению отдельных компонентов в воде или модельных растворах проводится только под руководством преподавателя или специалиста.

Используемые при выполнении анализа растворы, реагенты, посуда и другие компоненты мини-экспресс-лаборатории должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

- 1) целостность и герметичность упаковки растворов, реагентов;
- 2) отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
- 3) соответствие выбранного для использования реагента (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т. е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т. п.

---

При транспортировании все составные части изделия следует располагать в контейнере на предусмотренных для них местах. Это позволит обеспечить надёжное закрывание укладочных контейнеров, исключить бой посуды и попадание внутрь контейнера пыли и других загрязнений.

Методики работы с индикаторными средствами, входящими в состав мини-экспресс-лаборатории, приведены в разделе 6 настоящего руководства и на упаковках индикаторных средств.

## **5.2 Меры безопасности при работе с мини-экспресс-лабораториями**

Мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» не содержат ядовитых и сильнодействующих веществ, тем не менее при работе с изделиями необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в школьной химической лаборатории. В частности, при работе недопустимо:

- попадание реагентов и растворов на слизистые оболочки, в глаза и на кожу, а также на одежду и оборудование лаборатории (кабинета);
- принятие пищи (питья);
- использование открытого огня;
- вдыхание воздуха или определение запаха над кристаллическими химическими веществами, особенно находящимися в мелкодисперсном состоянии и способными образовывать пылеобразные взвеси, а также растворами реагентов и химических веществ в укладке лаборатории;
- вдыхание модельных газозооных смесей, образующихся в ходе демонстрационных и др. экспериментов;
- другие действия учащихся, которые могут нанести вред здоровью их самих и находящихся в учебном помещении других людей, имущества и т.п.

Необходимо также обращать внимание на герметичность упаковки химических реагентов, наличие хорошо и однозначно читаемых этикеток, а при работе со стеклянными изделиями и посудой соблюдать осторожность во избежание порезов.

Факторами опасности при проведении работ с мини-экспресс-лабораториями «Пчёлка-У» являются порезы осколками стекла при вскрытии корпуса индикаторной трубки, а также факторы, связанные с возможным воздействием паров моделируемых загрязнений воздуха (сернистого газа, диоксида азота) на участвующих в эксперименте.

---

При проведении экспериментов по моделированию загрязнений воздуха могут использоваться имеющиеся в кабинете химии минеральные кислоты (серная, соляная) и их растворы, которые в состав мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» не входят.



Повышенную опасность представляют растворы минеральных кислот, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, предметы.

Особенно опасны растворы кислот при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть несильной струей воды, затем 2% водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

При попадании растворов кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т. п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Целесообразно ознакомить учащихся с некоторыми знаками безопасности, предписывающими выполнение конкретных требований безопасности, маркирующими опасные вещества, указывающими местонахождение пожарных кранов, огнетушителей, пунктов медицинской помощи и т.п., а также со знаками безопасности, приведёнными на рис. 3 и 4.

Во всех случаях при проведении занятий следует соблюдать общие меры предосторожности, принятые при выполнении химического демонстрационного эксперимента и фронтальных практических работ:

1) эксперимент в целом рассматривается как потенциально опасный. В нем выделяются элементы повышенной опасности (отбор и добавление кислот, отбор газов и паров различной степени токсичности);

2) достаточная удалённость от учащихся (не менее 2,5 м), без снижения наглядности эксперимента;

3) разумное применение средств индивидуальной защиты (проводящий эксперимент надевает защитные очки, резиновые перчатки, а при необходимости — фартук или халат);

4) для демонстрации могут быть предложены только те эксперименты, которые предварительно отработаны самим преподавателем (лаборантом), причем определены наиболее сложные операции и отработаны приёмы их выполнения.

Эксперименты, связанные с нагреванием, получением опасных веществ и т. п., следует проводить самому учителю в специально оборудованной лаборатории.



Едкие вещества



Легковоспламеняющиеся вещества



Взрывоопасные вещества



Ядовитые вещества

Рис. 3. Предупреждающие знаки безопасности



Запрещается  
оставлять неубранными  
вещества и реагенты



Запрещается  
пробовать  
вещества на вкус



Запрещается  
оставлять реагенты  
открытыми



Запрещается  
сливать вещества  
в необорудованные ёмкости



Запрещается  
менять пробки  
различных сосудов

Рис. 4. Запрещающие знаки безопасности

Следует обращать особое внимание на поддержание дисциплины в классе (группе учащихся): не допускать бесконтрольных действий, а также действий, отвлекающих внимание, шалостей и т. п.

При недостаточной мощности вентиляции (при её неисправности, отсутствии вытяжного шкафа) эксперименты, учитывая микроколичества выделяющихся токсикантов, допускается проводить на учебно-лабораторном столе в хорошо проветриваемом помещении, обращая особое внимание на соблюдение правил техники безопасности и поддержание дисциплины в классе. При появлении в классном помещении запаха, свидетельствующего об утечке загрязнителя-токсиканта из камеры, необходимо учащихся вывести из помещения, а преподавателю обеспечить проветривание, выявить и ликвидировать причины утечки.

Образцы сухих реагентов, используемые при моделировании химической загрязнённости, предусмотренные в составе изделия (см. табл. 6), имеют разные показатели токсичности (вредности) и относятся к различным классам опасности. Реагенты, которые могут представлять опасность при использовании мини-экспресс-лаборатории, характеристика возможного вредного воздействия, а также специальные меры предосторожности при обращении с ними приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Характеристика опасности реагентов  
для моделирования химических загрязнений**

<b>Наименование реагента</b>	<b>Характеристика вредного воздействия вещества в вероятной форме попадания в организм</b>	<b>Меры предосторожности</b>
Хлорамин Б	Опасен при попадании на слизистые оболочки и в дыхательные пути. Вызывает раздражение и отёк слизистых оболочек при вдыхании пыли (аэрозолей)	Не вдыхать воздух, загрязнённый пылью реагента (не нюхать химикат)
Железо хлорное (железа (III) сульфат 9-водный), калия нитрат (натрия нитрат), калия хромат (калия бихромат)	Опасны при попадании в желудочно-кишечный тракт	Исключить возможность попадания следов реагента внутрь с продуктами питания, вдыхаемым воздухом

Хромат калия при попадании в организм человека представляет повышенную опасность и требует особого обращения, а именно:

- 1) хранения в специальном месте, недоступном учащимся;
- 2) использования в сухом виде, а также в виде раствора только самим преподавателем;
- 3) учёта при его расходовании.

---

### 5.3 Общие указания по методике проведения занятий

Методика проведения занятий с использованием мини-экспресс-лабораторий является вариативной.

Занятия с учащимися могут включать демонстрационные эксперименты, фронтальные работы, индивидуальные работы и др. Формы проведения занятий выбираются по усмотрению преподавателя.

Большую помощь при изучении вопросов оценки экологического состояния окружающей среды в их химическом аспекте оказывают описания уравнений химических реакций, приведённые ниже при изложении методики применения соответствующих индикаторных средств.

Количество мини-экспресс-лабораторий, необходимых для оснащения занятий, определяется педагогом в зависимости от конкретной учебной программы и плана урока и может составлять от 1–2 (при демонстрационных экспериментах) до 5 и более комплектов на класс (при фронтальных работах).

Многие исследовательские работы, представляемые школьниками на конкурсы, конференции и олимпиады по экологии, химии, биологии, выполняются с использованием мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У». Тезисы таких работ представлены на сайте учебного центра ЗАО «Крисмас+» в «Библиотеке исследовательских работ школьников» <http://u-center.info/libraryschoolboy>.

Опыт использования мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» учителями, педагогами дополнительного образования, преподавателями на занятиях со школьниками и студентами представлен на сайте учебного центра ЗАО «Крисмас+» в разделе «Библиотека методических материалов преподавателя» <http://u-center.info/libraryteacher>.

В настоящем издании в качестве примера в Приложении 1 приведён развернутый план и описание урока, посвящённого контролю качества овощей и фруктов по содержанию в них нитратов с помощью тест-системы «Нитрат-тест».

---

## 5.4 Рекомендации по оформлению результатов учебных исследований на примере международного конкурса «Инструментальные исследования окружающей среды»

На основе результатов исследований школьники под руководством учителей и педагогов выполняют исследовательские работы, представляемые затем на различные конкурсы, конференции и олимпиады по экологии, химии, биологии и т.п.

Школьная исследовательская работа выполняется по аналогии с различными выпускными квалификационными работами (дипломные работы, магистерские диссертации) учреждений высшего профессионального образования, то есть включает этапы целеполагания, информационно-поисковый, теоретико-обобщающий, экспериментально-аналитический, результативно-оценочный. На каждом этапе происходит формирование и развитие соответствующих как общелогических, общеучебных, общетрудовых, так и специфических исследовательских умений. В частности:

1) на этапе целеполагания формируются осознание и формулировка цели исследования, разработка плана исследования в соответствии с этой целью;

2) на информационно-поисковом — библиотечно-библиографические (умение пользоваться справочно-библиографическими материалами, составлять заявку; осуществлять поиск литературы, используя библиографические данные; составлять библиографическое описание источника литературы на основе действующего ГОСТа), умения отбирать нужную информацию из найденных источников литературы (умение выделить главное из текста, оценить значение для организации исследования);

3) на теоретико-обобщающем — умения правильно выделять те теории, на которые будет необходимо опираться при проведении учебного эксперимента, раскрыть сущность теорий, обобщить теоретические положения, установить их взаимосвязь, правильно использовать на различных этапах работы;

4) на экспериментально-аналитическом — обращение с лабораторной посудой, распознавание веществ по физическим и химическим свойствам, проведение лабораторных операций и др.; умения синтезировать вещества, вести наблюдение за поставленным экспериментом, описывать полученные вещества, делать выводы на основе наблюдений);

5) на результативно-оценочном — умение интерпретировать полученные результаты (делать выводы), т. е. соотносить цели и результаты; умение наглядно представить полученные результаты с помощью символично-графических средств в виде таблиц, графиков, рисунков, схем в электронном и печатном вариантах; умения написать работу в соответствии с требованиями, создать презентацию, выступить с докладом).



---

Тематика исследовательских и проектных работ учащихся может быть разнообразна и обширна, и определяется подготовленностью педагогов, наличием учебно-материальной базы и профильностью образовательного учреждения. В тематике работ можно выделить следующие основные направления:

1) мониторинговые исследования объектов окружающей среды — водоисточников и водоёмов, почвы, воздушной среды;

2) комплексные исследования территорий (природных комплексов и промышленных зон, транспортных магистралей, зон отдыха, особо охраняемых природных территорий и т.п.);

3) исследования факторов экологической безопасности, направленных на сохранение здоровья людей, ответственное к нему отношение, поддержание долголетия (скрининг):

4) исследования прикладного характера (оценка качества продуктов питания, материалов, удобрений, моющих средств и т. п.);

5) исследования технологии приготовления продуктов и блюд, обеспечение санитарного состояния столовых и зон питания и др.

б) исследование факторов экологической безопасности, технологические исследования (кулинария, оборот продуктов) и др.

Педагогический эффект школьных исследовательских работ заключается в том, что способствует глубокому, прочному и осознанному усвоению химических, эколого-химических знаний как результата создания и поддержания высокого уровня познавательного интереса, формированию допрофессиональной экологической компетентности учащихся, потребности к самообразованию.

Исследовательскую работу рекомендуется оформлять в соответствии с общепринятыми требованиями, согласно которым она должна содержать следующие разделы: титульный лист, оглавление, введение, цель и задачи, обзор литературы, методы проведенных исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы, список печатной литературы по теме, интернет-публикации и приложения.

Исходя из требований к оформлению исследовательской работы и критериев оценки, участникам следует обратить внимание на единство и взаимосвязанность следующих звеньев логической цепочки [25]:

тема работы → цель работы → задачи работы → подбор источников информации и методов → результаты → выводы по работе

Подробная информация с требованиями к оформлению ученических исследовательских работ размещена на официальном сайте конкурса <http://www.eco-konkurs.ru/>.

---

## 5.5 Требования к подготовленности преподавателей и учащихся

Работы с мини-экспресс-лабораториями может выполнять педагог (учитель, преподаватель, специалист), прошедший профессиональную подготовку (повышение квалификации) по данному направлению, либо лаборант со средним профессиональным образованием и стажем работы в образовательном учреждении не менее 1 года, ознакомленный с правилами техники безопасности, освоивший методики работы, имеющий навыки выполнения работ.

Работать с отдельными индикаторными средствами для выполнения заданий могут и учащиеся начиная с 12–14-летнего возраста (7–9 кл. и старше), при условии ознакомления их с выполняемыми операциями, правилами безопасной работы и обязательном контроле со стороны руководителя занятия.

## 5.6 Правила укладки и хранения мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У»

Все модификации комплектов «Пчёлка-У» являются сложными многокомпонентными изделиями, имеющими в своем составе различное комплектующее оборудование, реагенты, принадлежности, документацию. Поэтому большое значение для длительной и успешной эксплуатации изделий имеет правильная укладка их составных частей и обеспечение благоприятных условий при хранении.

Основные правила укладки и хранения изделий:

- все составляющие части изделия следует укладывать строго на предусмотренные для них места в корпусе укладки;
- стеклянная и пластмассовая посуда должна быть чистой (промыта чистой водой) и высушенной;
- необходимо убедиться в наличии хорошо читаемых этикеток на склянках с химическими реагентами и растворами;
- изделия и дополнительные расходуемые материалы к ним следует хранить в прохладном месте, не ближе 1 м от отопительных приборов;
- во избежание неконтролируемых нарушений условий хранения мини-экспресс-лабораторий следует ограничить доступ к ним учащихся и посторонних лиц;
- при длительных перерывах в работе с мини-экспресс-лабораторией следует периодически проверять состояние изделия, в частности убедиться в герметичности упаковки флаконов с реагентами.

---

Сроки годности химических индикаторных средств, входящих в состав мини-экспресс-лаборатории, ограничены и составляют 2–3 года (для аналитических растворов — 1–2 года).

По истечении срока годности эксплуатация изделий может осуществляться с использованием соответствующего комплекта пополнения (приобретается дополнительно).

## **5.7 Рекомендации по использованию визуальных средств на занятиях с применением мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У»**

Учитывая современный уровень развития средств обучения и наличие в образовательных организациях мультимедийного оборудования (проекторов, интерактивных досок, ЖК-панелей и т.п.), есть возможность сделать лабораторные занятия с мини-экспресс-лабораторией «Пчёлка-У» ещё более наглядными и тем самым повысить их эффективность. Особенно это касается фронтальных работ, то есть проводимых одновременно с группой учащихся. При этом возможно использование статических изображений (фотографий), иллюстрирующих отдельные стадии выполнения учебного исследования, включая конечный результат, а также видеофайлов с демонстрацией технологии выполнения работы, и мультимедийных презентаций. Кроме того, используя возможности программного обеспечения интерактивной доски, учитель может проводить контрольный опрос обучаемых по теме занятия в той степени, которую позволяет имеющееся обеспечение, а также направленность и уровень практических работ (опытов).

Специалистами учебного центра ЗАО «Крисмас+» разработаны рекомендации по визуализации лабораторных и практических занятий, отдельных опытов, описанных в методических пособиях к учебно-методическим комплектам и другому оборудованию производства ЗАО «Крисмас+». Материалы библиотеки содержат мультимедийные элементы (изображения, видеофайлы и мультимедийные презентации), которые педагог может использовать для составления своего визуального конспекта занятия, используя возможности программного обеспечения интерактивной доски. Кроме того, предложены рекомендации по оформлению конспектов, порядке размещения мультимедийных элементов, подписи к изображениям и видеофайлам.

Библиотека описанных выше мультимедийных элементов размещена на сайте Учебного центра ЗАО «Крисмас+» <http://u-center.info/libraryteacher/visual>. Мультимедийные элементы сгруппированы в папках для каждого

---

лабораторного опыта и размещены на сайте в виде архивных файлов. Внутри папки мультимедийные элементы имеют наименования в соответствии с иллюстрируемыми стадиями лабораторного опыта.

Для работы необходимо скачать архивный файл по интересующей теме, распаковать его на свой компьютер. Внутри каждой папки для удобства работы необходимо сделать сортировку файлов по имени.

Изготовление визуального конспекта занятия производится путём загрузки медиафайлов в интерфейс программного обеспечения используемого оборудования и последующего размещения фотографий и видеофайлов на соответствующих страницах конспекта занятия в соответствии с инструкцией к программному обеспечению.

---

## **6 МЕТОДИКА РАБОТЫ С МИНИ-ЭКСПРЕСС-ЛАБОРАТОРИЯМИ**

### **6.1 Подготовка к работе с мини-экспресс-лабораториями**

Подготовка к работе с мини-экспресс-лабораториями «Пчёлка-У», в общем случае, включает:

- теоретическое изучение методов оценки состояния окружающей среды и правил работы с мини-экспресс-лабораторией;
- освоение приёмов отбора и подготовки проб;
- освоение приёмов работы с индикаторными средствами, включая приготовление модельных загрязнённых смесей воздуха и воды и их тестирование с помощью индикаторных средств.

Подготовительные операции по моделированию химических загрязнений воздушной среды и освоению приёмов работы с индикаторными трубками приведены в пп. 6.2 и 6.7.

Подготовительные операции по приготовлению модельных растворов и освоению приёмов работы с тест-системами, а также реагентами для количественного гидрохимического анализа приведены в пп. 6.8 и 6.9.

### **6.2 Методика применения индикаторных трубок при определении в воздухе диоксида углерода и приоритетных загрязнителей**

#### **6.2.1 Общие сведения**

При ознакомлении с индикаторными трубками и аспиратором (НП-4, НП-3М, АМ-5, см пп. 6.2.4–6.2.6) учащимся показывают приёмы их использования и описывают основные процессы, протекающие при анализе (рис. 5). По мере освоения учащимися приёмов работы с индикаторными трубками, целью занятия становится оценка загрязнённости воздуха тем или иным компонентом. Преподаватель рассказывает учащимся о химическом загрязнении воздушной среды, кратко знакомит с основными источниками химических



Рис. 5. Анализ воздуха с применением индикаторной трубки совместно с аспиратором НП-3М

загрязнений, вводит понятие «концентрации загрязнителя» и связывает его с предельно допустимой концентрацией (ПДК) загрязнителя в воздухе.

Следует отметить, что индикаторные трубки, как и любые приборы для определения загрязнения воздуха, имеют минимально измеряемую концентрацию (чувствительность определения). Поэтому в ходе урока целесообразно привести сведения о чувствительности и диапазонах измерений различных индикаторных трубок, а также ПДК различных загрязнителей атмосферы для разных условий — воздуха населенных пунктов (среднесуточные и максимально разовые), а также воздуха рабочей зоны, приведённые ниже в табл. 15.

### **6.2.2 Объекты для практических работ с применением индикаторных трубок**

Из данных о чувствительности индикаторных трубок следует, что, за исключением углекислого газа, с их помощью можно определять содержание компонентов только в относительно загрязнённом воздухе (т. е. при высоких концентрациях компонентов-загрязнителей). Поэтому в качестве объектов практических работ на занятиях по данному направлению можно использовать:

— воздух на улице и в классном помещении, а также воздух, выдыхаемый человеком при определении углекислого газа и кислорода;

— выхлопные газы автомобильного двигателя или воздух в местах скопления автотранспорта с работающим двигателем (у светофоров, на автотрассах с напряженным движением, в автопарках и дворах при пуске и прогреве двигателей и т.п.). Таким образом может быть определена загрязненность углекислым газом, угарным газом, диоксидом азота и несгоревшими нефтепродуктами. Следует отметить, что максимально допустимая концентрация угарного газа в выхлопных газах составляет: для карбюраторного двигателя — 2% об., для дизельного — 0,5% об., что уверенно определяется индикаторными трубками;

— воздух вблизи промышленных площадок, строительных зон, в свежеокрашенных помещениях, при наличии резкого запаха, свидетельствующего о загрязнении — сернистым газом, хлором, аммиаком, органическими растворителями и др. Так, выделение больших количеств сернистого газа происходит при разогреве битума для крыши; химические компоненты — загрязнители воздуха часто встречаются в воздухе вблизи складов химических материалов, химических производств и цехов;

— объектом практических работ могут быть также учебные модельные воздушные смеси, приготовление которых подробно описано в п. 6.7.

### 6.2.3 Рекомендации по проведению занятия

После вводной беседы преподаватель переходит к изложению устройства и принципа действия индикаторной трубки. Для наглядности индикаторную трубку рекомендуется схематично нарисовать (например, как на рис. 6) в подходящем масштабе на классной доске, показав основные части (1–3), направление прокачивания воздуха (4), измерительную шкалу (5).

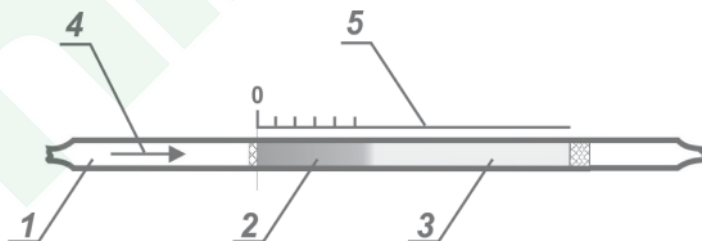


Рис. 6. Основные элементы индикаторной трубки:

1 — корпус; 2 — прореагировавший наполнитель; 3 — исходный наполнитель,  
4 — направление прокачивания воздуха; 5 — измерительная шкала

---

Обратите внимание на возможные признаки непригодности индикаторных трубок: истёк срок хранения, обломаны концы, рассыпан наполнитель, имеется видимое расслоение наполнителя, на внутренней поверхности трубки имеются следы влаги, изменилась первоначальная окраска наполнителя трубки.

Следует обратить внимание на назначение фильтрующей трубки. Фильтрующие трубки предназначены для улавливания сопутствующих веществ, мешающих анализу (трубка для определения диоксида серы), либо для образования с определяемым вредным веществом летучих продуктов, индицируемых порошком индикаторной трубки (трубка для определения оксидов азота).

Аналогично следует изложить устройство насоса-пробоотборника для прокачивания дозированного объёма воздуха, подчеркнув, что внутреннее пространство насоса имеет калиброванный объём (50 см<sup>3</sup> и 100 см<sup>3</sup>), а момент окончания прокачивания контролируется по сигнальному устройству (рис. 11), которое является индикатором завершения данного прокачивания. Момент окончания прокачивания также может быть определён с использованием секундомера, т.к. каждая индикаторная трубка характеризуется определённым значением времени прокачивания 100 см<sup>3</sup> воздуха (см. табл. 2), т.е. при необходимости прокачивания, к примеру 300 см<sup>3</sup> воздуха, для каждого из качаний аспиратора следует выждать приведённое в табл. 2 время. Необходимо также обратить внимание на применение технически исправного аспиратора и продемонстрировать, как можно определить его герметичность подручными средствами.

После присоединения вскрытой индикаторной трубки к аспиратору (рис. 5), преподаватель переходит к практической демонстрации анализа загрязнённости воздуха либо учебных модельных смесей, приготовленных заблаговременно.

При проведении эксперимента с использованием индикаторных трубок преподаватель обращает внимание учащихся на следующие особенности.

**1. Характеристика прокачивания воздуха.** Прокачивание воздуха имеет циклический характер (например, 300 см<sup>3</sup> прокачивается в виде 3 циклов по 100 см<sup>3</sup>). Каждый цикл должен выполняться в течение времени, необходимого для прокачивания объёма воздуха, равного объёму насоса, что занимает около 40–60 с. О завершении каждого цикла судят по истечении указанного времени либо по появлению метки в сигнальном окне на головке насоса. Так, при необходимости прокачивания 300 см<sup>3</sup> воздуха необходимо выполнить 3 полных цикла по прокачиванию 100 см<sup>3</sup> в каждом, что суммарно занимает около 2,5–3 мин.

**2. Необходимость наблюдения за трубкой в ходе анализа.** В ходе прокачивания воздуха необходимо наблюдать за окраской наполнителя индикаторной трубки. Полная окраска всего индикаторного слоя уже при первом прокачивании может свидетельствовать о том, что концентрация превышает максимальное значение для данного диапазона измерения.



3. **Наблюдения за ходом измерения.** Под воздействием химического загрязнителя происходит изменение окраски слоя хемосорбента (например, от белой до коричневой). При наличии индикационного эффекта при завершении нужного числа прокачиваний следует обратить внимание на цвет окраски, длину изменившего окраску слоя хемосорбента. Пользуясь шкалой концентраций, сравнить окраску с приведёнными значениями ПДК и сделать соответствующий вывод.

4. При **считывании показаний с индикаторной трубки** следует обратить внимание на основные правила:

- показания трубки надо считывать сразу же после измерения (если иное не предусмотрено в инструкции по применению). Через некоторое время окраска наполнителя может измениться;
- считывать следует полную длину изменившейся окраски (сумму всех цветов);
- при считывании показаний индикаторной трубки необходимо достаточное освещение, однако следует избегать прямого солнечного света;
- точно оценить окраску помогает светлый фон (белая бумага), а также сравнение окрасок использованной и неиспользованной трубок;
- в случае неровной или размытой границы раздела окрасок исходного и прореагировавшего индикаторного порошка необходимо рассчитать среднее арифметическое значение максимальной и минимальной концентрации (рис. 7).

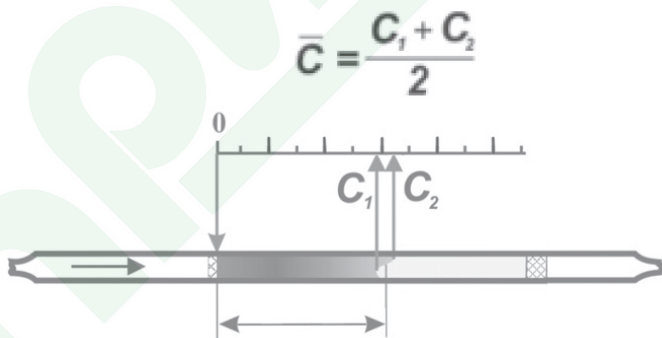


Рис. 7. Определение концентрации вещества в случае неровной или размытой границы раздела окрасок

Концентрацию анализируемого вещества следует определять по длине прореагировавшего слоя индикаторной массы от начала шкалы до внешней границы изменившего окраску слоя.

**5. Учёт параметров отбора пробы.** На внешней цилиндрической поверхности индикаторной трубки и на её упаковке нанесены одна или несколько измерительных шкал. Для наглядности учащимся раздаются упаковки с индикаторными трубками. Отметив наличие измерительных шкал, преподаватель обращает внимание на способ выражения концентраций. Для некоторых газообразных веществ (углекислого газа и др.), концентрации которых часто выражают в объёмных процентах, целесообразно привести соответствующую формулу для пересчёта единиц измерения концентраций:

$$C_1 = \frac{C_2 \times 10^{-4} \times 22,4}{M},$$

где  $C_1$  — концентрация газообразного вещества, об. %;  
 $C_2$  — концентрация газообразного вещества, мг/м<sup>3</sup>;  
22,4 — молярный объём газа при 0 °С и 760 мм рт. ст.  
 $M$  — молекулярная масса вещества.

При точном расчёте значения концентрации химического вещества в воздухе следует учитывать поправку на температуру и давление, которые являются факторами, влияющими на результат анализа\*. Обычно результат измерения концентрации химического вещества в воздухе приводят к стандартным условиям, в качестве которых приняты температура воздуха 20 °С и атмосферное давление 760 мм рт. ст. Расчёт проводят по формуле:

$$C_B = \frac{C \times 760 \times (273 + t)}{P \times 293},$$

где  $C_B$  — значение концентрации химического вещества в воздухе, приведённое к нормальным условиям (в мг/м<sup>3</sup> либо об. %);  
 $C$  — значение концентрации химического вещества в воздухе, измеренное с помощью индикаторной трубки, выраженное в тех же единицах, что и  $C_B$ ;  
 $P$  и  $t$  — значения атмосферного давления (мм рт. ст.) и температуры (°С) воздуха соответственно в момент анализа.

**Пример расчёта.** При измерении концентрации углекислого газа в воздухе помещения с помощью индикаторной трубки при температуре 23 °С и атмосферном давлении 751 мм рт. ст. получено значение концентрации, равное 620 мг/м<sup>3</sup>. Значение концентрации, приведённое к стандартным условиям, составляет

$$C_{cm} = 620 \times \frac{(273 + 23) \times 760}{293 \times 751} = 634 \text{ мг/м}^3.$$

\* В случае отсутствия данных о температуре и атмосферном давлении при анализе можно принять  $t = 20$  °С и  $P = 760$  мм рт. ст. Полученный результат анализа является приближительным.

---

6. При практической работе **необходимо соблюдать общие меры безопасности**, указанные в п. 5.2. Особое внимание следует обратить на то, что при работе с индикаторными трубками необходимо быть осторожными, во избежание порезов и попадания осколков стекла в глаза, на всех стадиях анализа: при вскрывании запаянных концов, при подсоединении и отсоединении трубки.

На занятии полезно выделить из всего цикла анализа загрязнения его элементы (стадии) и охарактеризовать процессы (физические, химические, физико-химические), лежащие в его основе. В частности, могут быть выделены следующие стадии:

— прокачивание воздуха через индикаторную трубку. Движущей силой процесса является разность давлений воздуха, создаваемого аспиратором, и атмосферного;

— фильтрация загрязнённого воздуха через слой индикаторного порошка, поглощение химического вещества слоем индикаторного порошка при прокачивании воздуха. В основе процесса лежат явления адсорбции и хемосорбции;

— изменение окраски индикаторного порошка в результате химических реакций.

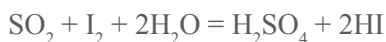
При описании стадии прокачивания загрязнённого воздуха следует обратить внимание учащихся на то, что завершение прокачивания через индикаторную трубку ранее срабатывания сигнального устройства на насадке насоса приводит к искажению результатов анализа, т. к. в этом случае прокачивается количество воздуха, меньшее необходимого.

При достаточной подготовке учащихся могут быть описаны основные химические реакции, протекающие при анализе.

Так, при определении углекислого газа протекает химическая реакция, в результате которой кристаллический фиолетовый в его лейко-форме в щёлочной среде ( $\text{pH} = 11,7$ ) переходит в окрашенную форму.

Для определения суммы оксидов азота ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) в индикаторной трубке используется реакция диоксида азота с ароматическим амином — о-дианизидином. Монооксид азота, который сам не взаимодействует с о-дианизидином, предварительно окисляют перманганатом калия в фильтрующей трубке до диоксида азота, который затем индицируется индикаторной трубкой с образованием окрашенных продуктов розового цвета.

При определении сернистого газа происходит распад йодкрахмального комплекса, при этом окрашенный в синий цвет наполнитель обесцвечивается:



С участием учителя химии могут быть выделены и более частные стадии указанных процессов.

---

Интересным является эксперимент по анализу воздуха (в классе, парке, выдыхаемом воздухе и т.п.) с применением индикаторной трубки на содержание кислорода. Данный эксперимент сопровождается хорошо заметным на расстоянии изменением окраски наполнителя трубки, а также разогревом корпуса трубки.

По итогам работы преподавателем вместе с учащимися могут быть сделаны выводы:

- 1) о концентрации обнаруженного загрязнителя в воздухе;
- 2) об экологической опасности обнаруженного превышения ПДК загрязнителя и разного рода рисках и возможных ущербах, связанных с этим превышением;
- 3) о факторах, влияющих на результат анализа в различных условиях: температуре (при повышении температуры ускоряются химические реакции, но ухудшается адсорбция); влажности воздуха (влияет на равновесное состояние при проведении химических реакций); освещённости (при пониженной освещённости затруднено наблюдение индикационного эффекта) и т. д.

#### **6.2.4 Порядок применения индикаторных трубок совместно с аспиратором типа НП-3М**

Аспиратор типа «Насос-пробоотборник НП-3М» предварительно проверьте на герметичность. Для этого проведите пробное прокачивание воздуха, заглушив отверстие входа воздуха каким-либо способом — например, невскрытой индикаторной трубкой. Пробное прокачивание воздуха выполняется аналогично рабочему. О герметичности аспиратора свидетельствует возвращение поршня в исходное положение после его вытягивания из корпуса примерно на  $1/3$  длины штока.

В процессе применения индикаторных трубок выполните следующие операции.

1. Извлеките из футляра индикаторную трубку (и фильтрующую трубку, если её применение предусмотрено). При подготовке индикаторной трубки к работе каждую из них следует осмотреть на предмет её пригодности как описано в п. 6.2.3.

2. Вскройте запаянные концы трубок. Сделать это можно при помощи приспособления на насадке аспиратора (рис. 8).



Опасайтесь чрезмерных усилий при вскрытии.

При работе с индикаторными трубками и аспираторами соблюдайте правила безопасности:

- наденьте защитные очки во избежание попадания осколков стекла в глаза;
- используйте резиновые перчатки для защиты рук от возможных порезов и попадания индикаторного наполнителя на руки.

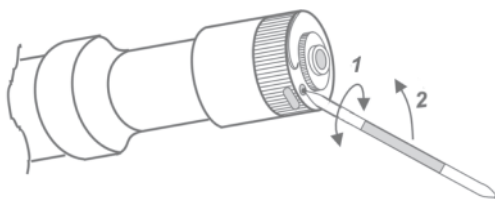


Рис. 8. Вскрытие трубок при помощи отверстия на насадке аспиратора НП-3М

- 1 — вставьте конец индикаторной трубки в отверстие для вскрытия и проверните трубку как показано на рисунке;  
2 — отломите кончик индикаторной трубки

3. Подсоедините трубки к аспиратору. Вскрытую индикаторную трубку вставьте в уплотнительную втулку аспиратора, соблюдая направление прокачивания воздуха (указано стрелкой на поверхности индикаторной трубки). При измерении концентрации диоксида серы используйте дополнительно фильтрующую трубку, соединив её с индикаторной трубкой отрезком полимерного шланга как показано на рис. 9.

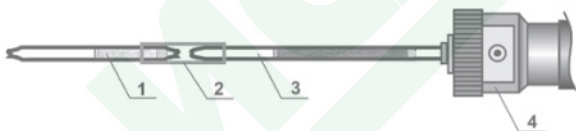


Рис. 9. Схема соединения трубок с аспиратором НП-3М:

- 1 — фильтрующая трубка; 2 — отрезок шланга; 3 — индикаторная трубка;  
4 — насадка

4. Прокачайте через индикаторную трубку указанный на этикетке объём анализируемого воздуха, для чего выполните следующие операции (рис. 10):

1) приведите аспиратор в исходное положение: шток введен в цилиндр до упора, метки на крышке и штоке совмещены (поз. 4, 1, 2);

2) приведите аспиратор в рабочее состояние вытягиванием штока из исходного положения до фиксации на позиции «100» («50») (поз. 3). При этом через индикаторную трубку прокачивается 100 см<sup>3</sup> (50 см<sup>3</sup>) воздуха;

3) для прокачивания необходимого объёма пробы  $V$ , большего 100 см<sup>3</sup>, повторите операции (1) и (2)  $n$  раз ( $n = V/100$ ), не извлекая индикаторную трубку из уплотнительной втулки аспиратора.

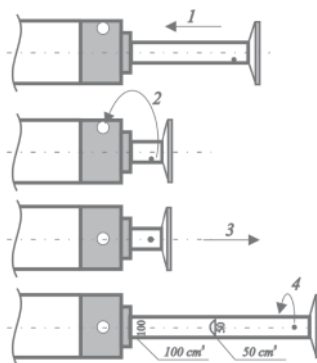


Рис. 10. Последовательность операций при прокачивании газовой смеси аспиратором НП-3М

- 1— введите шток в цилиндр до упора; 2 — совместите метки на крышке и штоке;
- 3 — вытяните шток до фиксации на позиции «100» или «50»; 4 — поверните шток относительно цилиндра до разнесения меток на крышке и штоке на угол 90°

Момент окончания прокачивания контролируйте по сигнальному устройству (рис. 11). Появление чёткого изображения точки в окошке индикатора свидетельствует об окончании цикла прокачивания.

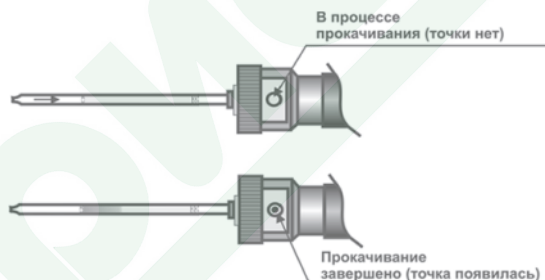


Рис. 11. Работа сигнального устройства аспиратора НП-3М



В ходе измерения наблюдайте за индикаторным слоем трубки. Необходима уверенность, что не произошло полной окраски всего индикаторного слоя уже при первом прокачивании. Это может свидетельствовать о том, что концентрация превышает максимальное значение для измеряемого диапазона.

##### 5. Отсоедините трубку от аспиратора.



Во избежание порезов рук стеклянный корпус трубки следует держать осторожно и как можно ближе к месту соединения с аспиратором.

---

6. Считайте результат измерений по шкале, нанесённой на поверхность индикаторной трубки, или на соответствующей этикетке.

В случае неровной или размытой границы раздела окрасок слоёв исходного и прореагировавшего индикаторного порошка, рассчитайте среднее арифметическое значение максимальной и минимальной концентрации  $C$  по соответствующей формуле (см. рис. 7).



Придерживайтесь основных рекомендаций по считыванию результата с индикаторной трубки (рис. 12).

7. Повторите операции 1–6 ещё с двумя индикаторными трубками.

Во многих случаях результата одного правильно выполненного анализа бывает достаточно. Для выполнения измерения в соответствии с ГОСТ 12.1.014-84 необходимо использовать не менее 3 индикаторных трубок. Измерения следует выполнять сразу же одно за другим.

8. Заключительные операции. Определите на основании результатов анализа, не превышены ли значения ПДК, и не представляет ли воздух угрозы здоровью людей (животных, растений).

Результаты измерений рекомендуется фиксировать в рабочей тетради.

Примеры выполнения практической работы по определению содержания в воздухе углекислого газа и приоритетных загрязнителей воздуха приведены в главе 7 (работы 1 и 2).

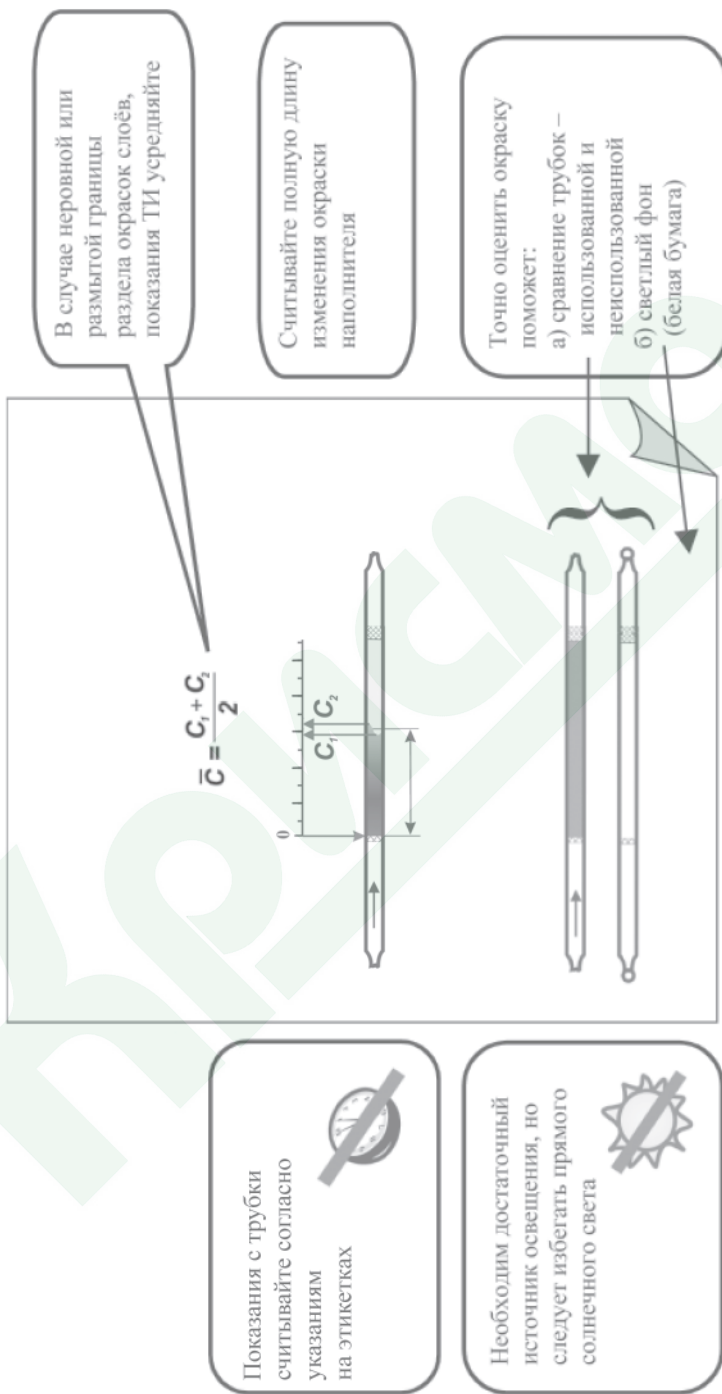


Рис. 12. Рекомендации по считыванию результата с индикаторной трубки



## 6.2.5 Порядок применения индикаторных трубок совместно с аспиратором НП-4

Аспиратор НП-4 (производится с 2014 г.) представляет собой модернизированный вариант аспиратора НП-3М. По конструкции и принципу действия НП-4 аналогичен аспиратору НП-3М (см. п. 6.2.4), и отличается от последнего меньшей массой и длиной, а также отсутствием на штоке поршня прокачиваемого объема «50 см<sup>3</sup>», т.к. у используемых в изделии «Пчёлка-У» индикаторных трубок этот объем отсутствует. Порядок работы с аспиратором НП-4 также аналогичен порядку работы с НП-3М, однако имеет особенности.

Проверьте аспиратор на герметичность. Для этого проведите пробное прокачивание воздуха, предварительно заглушив отверстие входа воздуха каким-либо способом — например, невскрытой индикаторной трубкой. Пробное прокачивание воздуха выполняют аналогично рабочему.

О герметичности аспиратора НП-4 свидетельствует возвращение поршня в исходное положение после его вытягивания из корпуса примерно на 1/3 длины штока.

В процессе применения индикаторных трубок выполните следующие операции:

1. Достаньте из упаковки индикаторную трубку (и фильтрующую трубку, если её применение предусмотрено). При подготовке индикаторной трубки к работе каждую из них следует осмотреть на предмет их пригодности.

2. Вскройте запаянные концы трубок. Запаянные концы трубок с обеих сторон необходимо вскрыть так, чтобы не нарушилось положения тампонов и слоя наполнителей. Сделать это можно при помощи приспособления на насадке аспиратора (рис. 13).

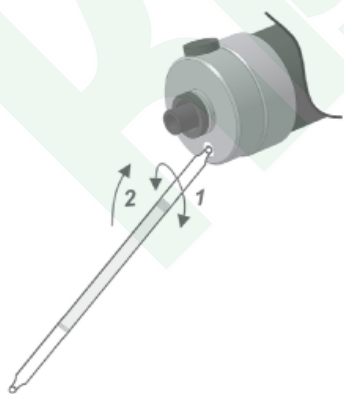


Рис. 13. Вскрытие трубок при помощи отверстия на насадке аспиратора НП-4:

1 — вставьте конец индикаторной трубки в отверстие для вскрытия и проверните трубку как показано на рисунке;

2 — отломите кончик индикаторной трубки



Опасайтесь чрезмерных усилий при вскрытии.

При работе с аспираторами соблюдайте правила безопасности:

- наденьте защитные очки во избежание попадания осколков стекла в глаза;
- используйте резиновые перчатки для защиты рук от возможных порезов и попадания индикаторного наполнителя на руки.

3. Соедините трубки с аспиратором согласно схеме соединения трубок (рис.14). Вскрытые индикаторную и фильтрующую трубки (если она необходима, как при определении сернистого газа) соедините отрезком эластичной трубки. Индикаторную трубку вставьте свободным концом в уплотнительную втулку на насадке аспиратора.

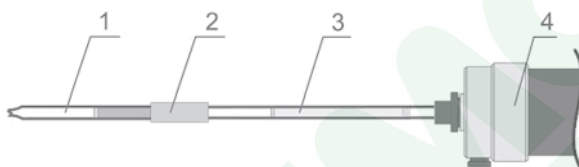


Рис. 14. Схема соединения трубок с аспиратором НП-4:

- 1 — фильтрующая трубка (при определении концентрации ацетона);  
2 — отрезок эластичной трубки; 3 — индикаторная трубка; 4 — насадка

4. Прокачайте через индикаторную трубку указанный на этикетке объем анализируемого воздуха с помощью аспиратора, для чего выполните следующие операции (рис. 15):

1) приведите аспиратор в исходное положение: шток введен в цилиндр до упора, метки на крышке и штоке совмещены (поз. 4, 1, 2);

2) приведите аспиратор в рабочее состояние вытягиванием штока из исходного положения до фиксации на позиции «100» (поз. 3). При этом через индикаторную трубку прокачивается  $100 \text{ см}^3$  воздуха;

3) для прокачивания необходимого объема пробы  $V$ , большего  $100 \text{ см}^3$ , повторите операции (1) и (2)  $n$  раз ( $n = V/100$ ), не вынимая индикаторную трубку из уплотнительной втулки аспиратора.

Дождитесь окончания прокачивания  $100 \text{ см}^3$  (1 минута).

**Примечание:** Для отслеживания времени окончания прокачивания допускается использовать измеритель продолжительности любого типа (часы, таймер, секундомер).

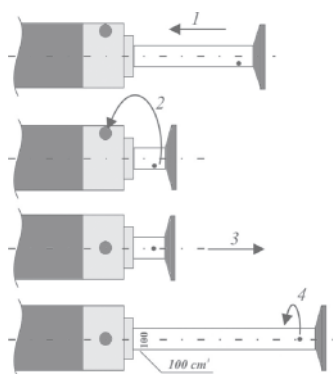


Рис. 15. Последовательность операций при прокачивании газовой смеси аспиратором НП-4:

1 — введите шток в цилиндр до упора; 2 — поверните шток относительно цилиндра и совместите метки на крышке и штоке; 3 — совершите прокачивание, вытягивая на себя шток до фиксации на позиции «100»; 4 — поверните шток относительно цилиндра до разнесения меток на крышке и штоке на угол 90°

5. Отсоедините трубки от аспиратора. Рекомендуется сделать 2–3 «холодных» прокачивания воздуха для удаления возможной агрессивной среды из внутреннего воздушного пространства аспиратора.

6. Считайте результат измерений со шкалы, нанесённой на поверхность индикаторной трубки, или приложите индикаторную трубку к шкале на соответствующей этикетке.

7. Заключительные операции. Определите на основании результатов анализа, не превышены ли значения ПДК, и не представляет ли воздух угрозы здоровью людей (животных, растений).

Результаты измерений рекомендуется фиксировать в рабочей тетради.

### 6.2.6 Порядок применения индикаторных трубок совместно с сифонным аспиратором типа АМ-5Е

В качестве прокачивающего устройства в мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» может использоваться, наряду с поршневыми аспираторами НП-3М и НП-4, также аспиратор сифонного типа АМ-5Е, имеющий сходные технические характеристики, но отличающийся по принципу действия и имеющий несколько иной порядок работы.

Аспиратор АМ-5Е представляет собой сифонный насос ручного действия, работающий на всасывание воздуха за счёт раскрытия пружинами предварительно сжатого сиффона и выброса воздуха из сиффона через клапан при

раскрытии пружин. Аспиратор снабжён устройством для вскрытия трубки индикаторной.

Порядок применения аспиратора АМ-5 при работе с индикаторными трубками.

1. Извлеките из футляра индикаторную трубку (и фильтрующую трубку, если это предусмотрено).

2. Вскройте запаянные концы трубок. Для этого используйте отверстие (3) аспиратора АМ-5Е (рис. 16).

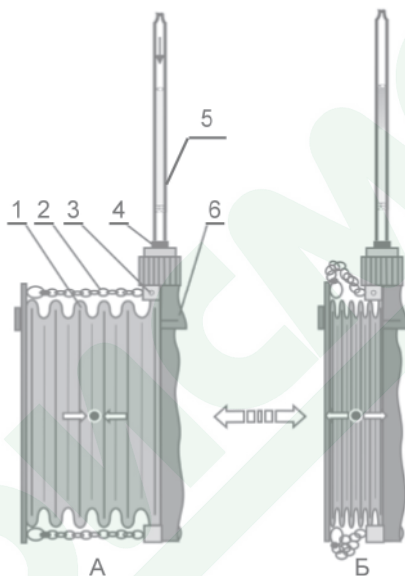


Рис. 16. Внешний вид и работа аспиратора АМ-5Е

А – аспиратор в исходном состоянии:

1 – сильфон; 2 – ограничительные цепочки; 3 – отверстие для вскрытия трубки;

4 – уплотнительная втулка; 5 — трубка индикаторная; 6 – крышка.

Б – аспиратор в сжатом состоянии.

3. Подсоедините трубки к аспиратору, используя переходник.

4. Прокачайте через индикаторную трубку анализируемый воздух, для чего:

- 1) быстро сожмите одной или двумя руками сильфон аспиратора до упора (позиция Б) и отпустите его до полного натяжения цепочек (2) и резкого смещения рычага, открывающего клапан (позиция А). При сжатии сильфона аспиратор свободно удерживают за крышку (6) большим и указательным пальцами;

- 
- 2) прокачайте требуемый объём газовой смеси, сжимая и отпуская сильфон аспиратора соответствующее число раз, кратное 100, не извлекая при этом трубку из аспиратора.
  5. Отсоедините трубку от аспиратора.
  6. Считайте результат измерений со шкалы, нанесённой на поверхность индикаторной трубки, или на соответствующей этикетке.
  7. Повторите операции 1–6 еще с двумя индикаторными трубками.
  8. Рассчитайте среднее значение концентрации после выполнения операции 7 и приведите его к стандартным условиям.

---

## 6.3 Методика применения тест-системы «Аммиак»

### 6.3.1 Особенности применения безаспирационных тест-систем для определения загрязнений воздуха

Тест-система «Аммиак» — современное индикаторное средство определения загрязнения воздушной среды, работающее по принципу химического дозиметра, для определения паров аммиака. Методика проведения практических занятий с использованием тест-системы «Аммиак» аналогична соответствующей методике при использовании индикаторной трубки, однако имеет ряд особенностей, обусловленных принципом действия тест-системы.

Прежде всего, учащимся необходимо показать принципиальную разницу в работе индикаторных трубок и тест-системы: в то время как индикаторные трубки требуют принудительного прокачивания воздуха, количество которого можно точно дозировать с помощью аспиратора, в тест-системах используется диффузионное проникновение молекул определяемого компонента к активному слою. В результате этого тест-системы обеспечивают большее удобство выполнения определения, в то время как индикаторные трубки — более высокую точность анализа.

Безаспирационная тест-система «Аммиак» предназначена для инструментального экспресс-контроля воздушной и газовой среды на содержание паров аммиака в диапазоне концентраций от 10 до 1000 мг/м<sup>3</sup>, позволяя получать ценную информацию в широких концентрационных пределах при:

- оценке загрязнённости воздушной среды жилых помещений, в том числе в ходе жилищного строительства;
- контроле промышленных газовых выбросов, в том числе залповых выбросов, а также загрязнений воздуха при чрезвычайных ситуациях;
- контроле герметичности оборудования, содержащего аммиак, определении мест утечек аммиака и др.;
- в других ситуациях, связанных с необходимостью быстрого и дешёвого анализа воздуха, состояния оборудования на производстве и др.

Рассматривая вопросы инструментального определения паров аммиака в воздухе, учащимся следует рассказать также о возможностях органолептического определения паров аммиака, запах которого ощущается обычно уже при концентрации свыше 40 мг/м<sup>3</sup>. Учитывая существующие жёсткие нормативы содержания аммиака в воздухе (ПДК воздуха рабочей зоны составляет 20 мг/м<sup>3</sup>, средне-суточная концентрация аммиака в атмосферном воздухе населённых пунктов и в

---

жилых помещениях (ПДК с.с.)  $0,04 \text{ мг/м}^3$ ), ощущение запаха аммиака свидетельствует о превышении допустимых норм.

Особенности тест-системы «Аммиак» не только в том, что она является безаспирационной и не требует принудительного прокачивания анализируемого воздуха. Она также используется в 2 режимах применения, позволяющих проводить экспресс-контроль воздушной среды при оценке максимально разовых концентраций, а также при оценке средневзвешенных концентраций паров аммиака в воздухе.

Для определения уровня концентрации загрязняющего вещества, в зависимости от времени срабатывания ТС, используют таблицы или рисунки-номограммы, приведённые на обложке тест-системы.

Рисунки, иллюстрирующие внешний вид изменившейся окраску основы, приведены на обложке тест-системы «Аммиак».

### **6.3.2 Порядок применения тест-системы «Аммиак»**

Перед работой с тест-системой «Аммиак» рекомендуется предварительно ознакомиться с соответствующей краткой инструкцией по её применению, имеющейся в упаковке.

При работе с тест-системой выполните следующие операции (подробнее — на обложке ТС «Аммиак»).

1. Откройте обложку тест-системы и извлеките из пакета одну индикаторную полоску.

2. Отрежьте край полоски вместе с небольшим (не более 2 мм) участком тканевой основы (см. рис. 17, А).

3. Разместите подготовленную по п. 2 индикаторную полоску для экспонирования в месте контроля аммиака, закрепив её вертикально любым способом, используя булавку, скотч, нитку и т.п. При этом необходимо соблюдать целостность полимерного защитного покрытия тканевой основы.

4. Отметьте время начала экспонирования при экспресс-контроле секундомером или по часам при оценке средневзвешенных концентраций.

5. При экспресс-контроле отметьте время от начала контроля до момента срабатывания (возникновения пороговой окраски) индикатора на срезе полоски — изменение цвета полоски с жёлтого на синий (см. рис.17, Б). Определите концентрацию аммиака в  $\text{мг/м}^3$  по таблице 9.

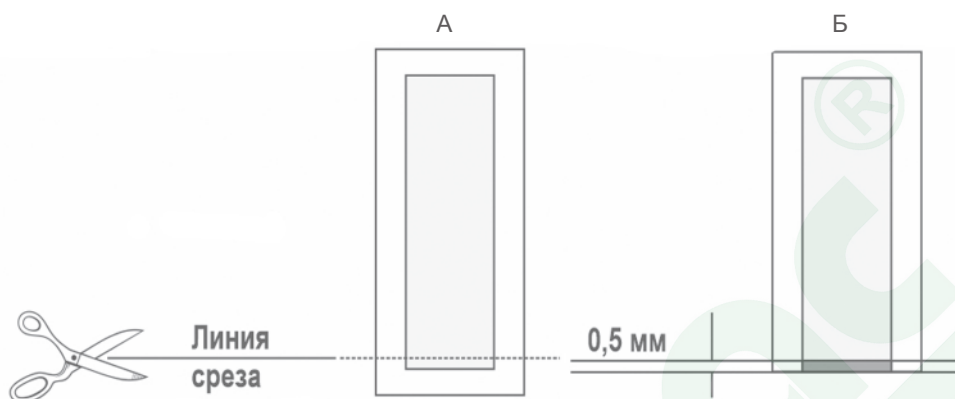


Рис. 17. К порядку применения тест-системы «Аммиак» при контроле воздуха:

А – линия среза края индикаторной полоски вместе с небольшим участком тканевой основы;

Б – изображение пороговой окраски от воздействия аммиака на срезе полоски.

Таблица 9

**Определение концентрации аммиака по времени срабатывания при применении тест-системы «Аммиак»**

Время срабатывания, с	Концентрация аммиака, мг/м <sup>3</sup>
90	10
60	100
до 3	1000

*6. При контроле средневзвешенных концентраций*

Индикаторную полоску выдержите в воздушной (газовой) среде в течение 1 ч, либо 8 ч (рабочий день). Величину средневзвешенной концентрации определите по диаграмме (см. рис. 18), совмещая линию среза индикаторной полоски с линией старта на диаграмме, по положению усреднённой линии фронта продвижения синей зоны.

**Примечание.** 1. Частично отработанные полоски можно использовать повторно, срезав сработавшую часть полоски. При повторном использовании несработавшей полоски следует срезать повторно 1–2 мм полоски, как показано на рис. 17.

2. При концентрации аммиака на уровне 1000 мг/м<sup>3</sup> за время экспонирования около 2,5 ч изменяет окраску вся полоска.



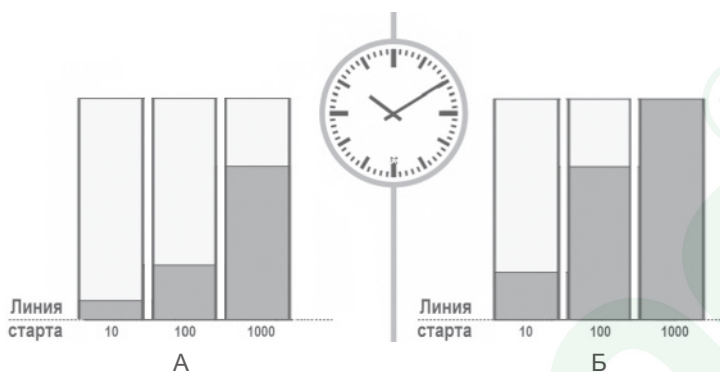


Рис. 18. Диаграммы для определения средневзвешенных концентраций аммиака:  
 А – экспозиция 1 ч; Б – экспозиция 8 ч (рабочий день).

За результат контроля примите значение концентрации, соответствующее ближайшему по глубине проникновения окраски образцу (при промежуточной глубине — соответствующий интервал концентраций).

Пример выполнения практической работы по экспресс-контролю загрязнённости воздуха парами аммиака приведён в разделе 7 (работа 3).

---

## 6.4 Методика применения тест-систем при анализе воды и водных растворов

### 6.4.1 Общие указания по применению мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» для оценки качества воды и состава почвенных вытяжек

Значение исследования загрязнённости воды как экологической опасности обычно бывает достаточно понятно для учащихся. При организации практических работ по оценке качества воды следует различать оценку её состава по природным (естественным) компонентам и по компонентам, являющимся чужеродными для природной воды, т. е. по таким, которые могут попадать в водные объекты в результате антропогенного загрязнения.

В первом случае предметом оценки могут быть концентрации компонентов минерального состава воды (в первую очередь гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, карбонатов), солей общей жёсткости (кальция и магния), фосфатов, растворённого в воде кислорода, pH, органолептические показатели (мутность, прозрачность, цвет, запах)\*. Эти показатели могут быть определены с использованием мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/хим», а также тест-комплектов и полевых лабораторий НКВ, «Растворённый кислород», «Фосфат» и др. производства ЗАО «Крисмас+».

Во втором случае предметом анализа являются такие компоненты, как кислотные и щелочные загрязнители, органические соединения, а также неорганические соединения, попадающие в водоёмы в больших количествах практически исключительно со сточными водами (никель, медь, хроматы, активный хлор и др.). Имеющиеся в комплекте тест-системы для контроля загрязнений в воде позволяют быстро определить и, в ряде случаев, идентифицировать загрязнение. Они имеют чувствительность на уровне 1 ПДК и более, являются простыми в использовании сигнальными средствами контроля даже для неподготовленных учащихся. Работы с такими средствами позволяют привлечь внимание учащихся к вопросам загрязнения водоёмов и экологической оценки качества воды. Тем не менее, проводя занятия с использованием тест-систем, следует говорить об определении не чистоты воды, а её загрязнённости, т. к. в первом случае нам понадобилось бы использовать средства контроля с чувствительностью не более 1 ПДК (а лучше — не более 0,5 ПДК).

---

\* Самостоятельное определение школьниками таких органолептических показателей воды, как вкус и привкус, не рекомендуется.

## 6.4.2 Принцип действия тест-систем для анализа воды и возможность их применения в учебном процессе

Тест-системы позволяют анализировать воду и водные растворы, а также различные водные среды (почвенные вытяжки, вытяжки из сыпучих материалов и т.п.). Тест-система «Нитрат-тест» позволяет тестировать не только воду, но и соки, овощи, фрукты, а также зелень, что позволяет оценивать качество указанных продуктов по содержанию в них нитратов.

Принцип действия ТС для контроля воды и водных сред (рис. 19) заключается во взаимодействии исследуемого раствора с гидрофильной основой, обработанной аналитической рецептурой, с образованием окрашенных соединений. По цвету и интенсивности окраски можно судить об уровне или значении концентрации анализируемого вещества в пробе. Тест-системы, входящие в состав изделия «Пчёлка-У», имеют открытые индикаторные полоски («Активный хлор», «Хромат-тест»), а также полоски с полимерной защитой рабочего участка (остальные тест-системы).



Рис. 19. Тест-системы производства ЗАО «Крисмас+» для сигнального экспресс-контроля:  
А — воды и водных сред; Б — воздушной среды.

В тест-системах с полимерной защитой рабочего участка основа помещена между тонкими прозрачными полимерными плёнками, что обеспечивает тонкую дозировку тестируемого раствора (впитывается строго необходимое, дозированное количество раствора, после чего наступает насыщение и впитывание прекращается). Принцип действия таких тест-систем показан на рис. 20.

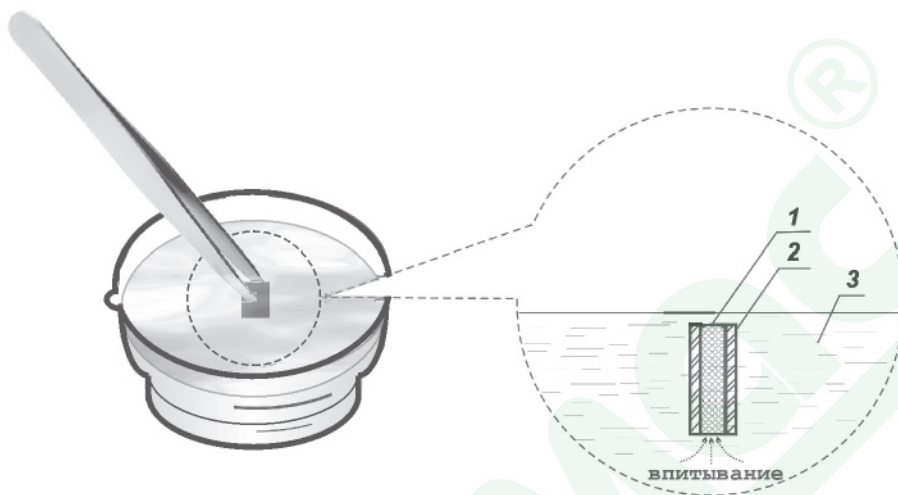


Рис. 20. Тест-система с полимерной защитой рабочего участка:  
 1 — рабочий участок тест-полоски; 2 — защитное полимерное покрытие (плёнка);  
 3 — анализируемый раствор

Полимерное покрытие создаёт барьер по отношению к воздействию как омывающего анализируемого раствора, так и факторов окружающей среды (кислорода воздуха, влажности). Количество анализируемого компонента, попадающего на рабочий участок тест-полоски, можно выразить его массой или числом эквивалентов на единицу площади носителя.

Необходимое количество раствора индикаторная полоска впитывает до насыщения, после чего впитывание прекращается. Таким образом, обеспечивается воспроизводимая дозировка анализируемого раствора на единицу площади индикаторной полосы и стабильность её характеристик при минимальной потребности раствора для анализа.

Некоторые тест-системы (например, «Активный хлор», «Хромат-тест») не имеют полимерной защиты тест-полоски. Отрезок индикаторной полосы в этих случаях нельзя опускать в анализируемый раствор во избежание смыва индикаторной рецептуры с поверхности полосы. Раствор прикапывают пипеткой на отрезок тест-полоски.

Определение загрязнения с помощью тест-систем носит качественный либо полуколичественный характер, а сами тест-системы являются средством сигнального контроля.

Представляется целесообразным использование игровых и тестовых методов проведения занятий, когда, например, одной группе учащихся предлага-

ется смоделировать\* сточные воды какого-либо предприятия (предварительно наметив тип промышленного производства и соответствующие ему загрязнители в сточных водах), а другой — определить загрязнение в сточных водах. Одним из вариантов подобных игровых занятий может быть «игра по станциям». Каждая из станций имеет наименование загрязнителя либо типа производства, например: «хроматы»/«цех гальванических покрытий»; «сульфиды»/«цех крашения ткани» и т. п. Данные по типам промышленных предприятий и соответствующим им компонентам в сточных водах приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Основные вещества — загрязнители водных объектов  
и характерные источники загрязнений**

Загрязнитель	Основные формы, в которых может присутствовать загрязнитель	Тип промышленного производства (процесс), для которого характерно образование сточных вод с данным загрязнителем	ПДК в воде водоёмов, мг/л
Активный хлор	Сумма $\text{Cl}_2$ , $\text{HClO}$ , $\text{COCl}$ , хлорамины*	Хлорирование и специальная обработка сточных вод, производство дезинфицирующих средств	Не допускается
Железо (II, III)	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{FeOH}^{2+}$ , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ , $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^{4+}$ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$	Травильные цеха (подготовка металлических поверхностей), производство реактивов, крашение тканей	0,3
Медь	$\text{Cu}^{2+}$ , $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ , $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	Гальванические цеха (травление, покрытия); горно-обогатительные фабрики, фабрики искусственного волокна	1,0
Никель	$\text{Ni}^{2+}$ , аммиачные и цианидные комплексные ионы	Гальванические цеха (травление, покрытия); металлообрабатывающие и химические заводы	0,1
Нитраты	$\text{NO}_3^-$	Производство азотной кислоты, минеральных удобрений	45
Сульфиды	$\text{S}^{2-}$ , $\text{HS}^-$ , $\text{H}_2\text{S}$	Процессы крашения сернистыми красителями, разложение белковых соединений в сточных водах	Не допускается
Хром (III, VI)	$\text{Cr}^{3+}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Гальванические цеха (травление, покрытия); красильные цеха текстильных предприятий; производство кож (хромовое дубление); производство реактивов	0,05 – по Cr (VI) 0,5 – по Cr (III)

**Примечание.** \* Хлорамины — соединения, в молекулах которых атом азота связан с одним или несколькими атомами хлора, например  $\text{R-NH-Cl}$ ,  $\text{R-NCI}_2$ .

\* Методика моделирования загрязнённости воды приведена в п. 6.8 и в работе 4 (раздел 7).

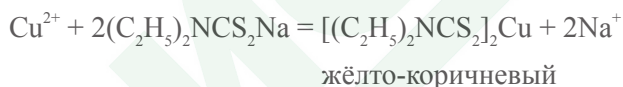
На занятиях с учащимися, обладающими достаточной мотивацией и подготовкой, целесообразно рассмотреть уравнения химических (точнее говоря, химико-аналитических) реакций, протекающих при аналитическом определении загрязнений в воде. Так, при определении активного хлора в разных его формах с помощью теста протекают окислительно-восстановительные реакции, в процессе которых из йодида калия выделяется свободный йод, «проявляющийся» на индикаторной бумаге в присутствии крахмала в виде синего пятна. В случае гипохлорит-аниона процесс описывается следующим образом:



$\text{I}_2 + \text{крахмал} \rightarrow \text{синий окрашенный комплекс}$

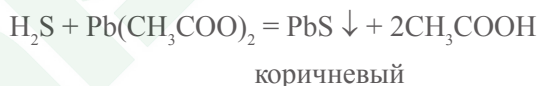
При определении суммарного железа с помощью тест-системы «Общее железо» протекают реакции катионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  с натриевой солью сульфосалициловой кислоты в слабощелочной среде ( $\text{pH} = 9$ ), при которых образуются продукты сложного состава жёлтого цвета. В то же время при селективном определении железа используются другие реагенты: при определении  $\text{Fe}^{2+}$  —  $\alpha, \alpha'$ -дипиридил;  $\text{Fe}^{3+}$  — роданид аммония.

При определении меди в тест-системе «Медь» реализована реакция замещения с диэтилдитиокарбаматом натрия — в слабокислой среде:



Никель определяется с помощью тест-системы «Никель» по реакции с диметилглиоксимом; хроматы — с дифенилкарбазидом.

Одной из простейших является обменная реакция определения сульфидов, протекающая в слабокислой среде с ацетатом свинца (тест-система «Сульфиды»):



Рассматривая химические реакции при определении сульфидов, необходимо отметить наличие нескольких равновесных форм в растворе: свободного сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$ , гидросульфид-иона  $\text{HS}^-$  и сульфид-иона  $\text{S}^{2-}$ , относительное количество которых зависит от  $\text{pH}$ , температуры и ионной силы раствора. Так, расчёты по константам диссоциации показывают, что при  $\text{pH} = 7,0$  и ионной силе 0,025 (это соответствует содержанию солей около 1 г/л) при температуре 25 °С в растворе сульфиды находятся на 48,9% в форме  $\text{H}_2\text{S}$  и на 51,1% — в форме  $\text{HS}^-$ , а  $\text{S}^{2-}$  появляются в воде в заметных количествах только при  $\text{pH} > 10$ .

На завершающем этапе занятия следует сопоставить полученные экспериментально значения концентраций с величинами предельно допустимых уровней для тех же компонентов по справочным величинам, приведённым в табл. 10, и сделать вывод о превышении уровней над фактическими значениями концентрации загрязнителей. Далее несложными расчётами можно определить количество чистой воды, необходимое для разбавления данной загрязнённой воды до имеющей допустимый уровень загрязнённости (до ПДК).

**Пример расчёта.** При определении загрязнённости модельной сточной воды гальванического цеха определена концентрация меди 50 мг/л. Заданный расход сточной воды составляет 10 л/ч. Следовательно, при отсутствии дальнейшей очистки данной сточной воды, для её разбавления до допустимого уровня загрязнённости она должна быть разбавлена чистой водой в количестве  $10 \times (50-1) = 490$  л/ч (!).

### 6.4.3 Выполнение анализа с применением тест-систем

Перед работой с тест-системами необходимо предварительно ознакомиться с краткими инструкциями по их применению, имеющимися на обложках. Порядок работы с некоторыми из них имеет свои особенности, подробно описанные в инструкциях. Ниже приведены типовые операции по применению тест-систем, входящих в состав мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У».

#### 6.4.3.1 Выполнение анализа на примере тест-системы «Нитрат-тест» с полимерным покрытием тест-полоски

##### ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Тест-система «Нитрат-тест», ножницы, пинцет.

##### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



##### 1.

Достаньте индикаторную полоску из упаковки и отрежьте ножницами рабочий участок тест-полоски размером не менее  $5 \times 5$  мм.

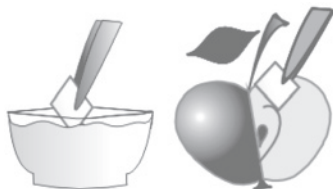


Полимерное покрытие с тест-полоски снимать не следует. Допускается подготовить отрезки заранее, но не более чем за 1 час до использования.



**2.**

Ополосните анализируемой водой подходящую ёмкость для проб (склянку, чашку Петри и т. п.). Отберите в неё небольшое количество анализируемой воды (не менее 15–20 мл). В случае тестирования объекта подготовьте его к работе.



**3.**

Опустите рабочий участок тест-полоски в анализируемую пробу или тестируемый объект с помощью пинцета и выдержите его в пробе 5–10 с. (основа тест-полоски должна впитать анализируемый раствор). Затем извлеките смоченный участок тест-полоски из пробы.



Осевшие на тест-полоске взвешенные частицы могут быть механически удалены с поверхности прозрачного полимерного покрытия, если они мешают наблюдать индикаторный эффект.



3 мин.

**4.**

Выдержите смоченный участок тест-полоски на воздухе в течение времени, указанного в инструкции на данную тест-систему.

Концентрация мг/г



**5.**

Сравните окраску участка тест-полоски с цветными образцами индикационного эффекта на контрольной шкале и определите концентрацию анализируемого компонента в мг/л.

За результат анализа принимайте значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы (при промежуточной окраске — интервалу значений концентраций).



## 6.

Остаток неизрасходованной индикаторной полоски поместите обратно в защитную упаковку тест-системы.

Обложки тест-систем имеют краткую инструкцию по выполнению анализа. На рис. 21 приведён внешний вид обложки тест-системы «Нитрат-тест» с краткой инструкцией по применению.



Рис. 21. Обложка тест-системы «Нитрат-тест» с краткой инструкцией

### 6.4.3.2 Выполнение анализа с применением тест-систем без полимерного покрытия

Применение тест-систем без полимерного покрытия индикаторной полоски в целом аналогично п. 6.4.3.1, однако имеет отличие: анализируемую воду или раствор пипеткой наносят на отрезок полоски тест-системы. Внешний вид обложки тест-системы «Активный хлор» с краткой инструкцией приведён на рис. 22. Аналогичен приведённому и порядок применения тест-системы «Хромат-тест».

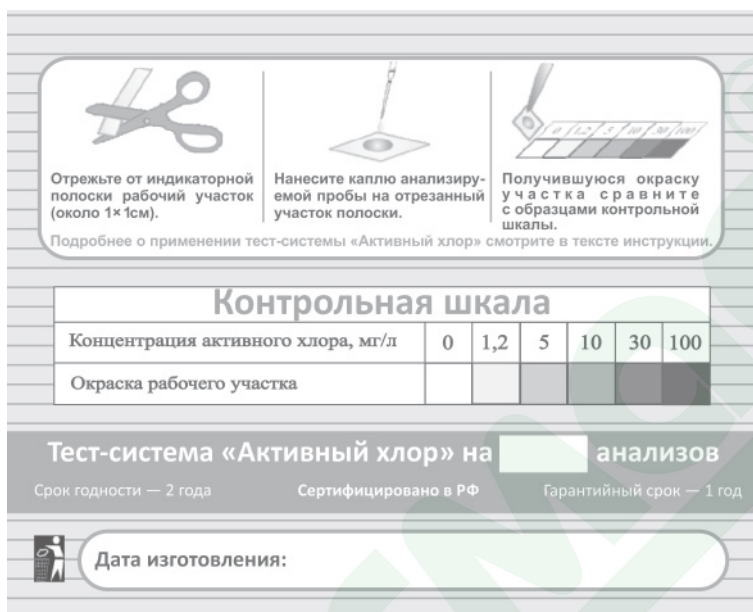


Рис. 22. Обложка тест-системы «Активный хлор» с краткой инструкцией

#### 6.4.3.3 Применение тест-систем при анализе вытяжек из сухих объектов

Анализ сухих объектов (почвы, сыпучих сред и т.п.) в конечном итоге сводится к анализу их водных растворов или вытяжек. О приготовлении почвенных вытяжек см. работу 6 (раздел 7). При подготовке почвы или другой сыпучей среды для тестирования следует обратить внимание на наличие загрязнений и включений. Именно эти видимые загрязнения и инородные, не свойственные почве включения, могут быть важнейшим объектом экспресс-анализа с применением тест-систем. Влагосодержание почвы не имеет значения при сигнальном анализе.

Следует также учитывать, что концентрации анализируемых веществ в вытяжках из почвы и, в особенности, из сухих химических продуктов, могут значительно превышать диапазон анализируемых концентраций тест-систем. В этом случае полученный раствор потребует разбавить, а степень разбавления следует учесть при расчёте содержания анализируемого вещества.

Результаты анализа вытяжек, приготовленных с известным соотношением вода-почва, позволяют определить ориентировочное значение концентрации

---

контролируемого компонента ( $C_{\text{П}}$ , мг/кг) в почве или иной сухой среде. Расчёт проводите по формуле:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{В}} \times 5,$$

где  $C_{\text{В}}$  — значение концентрации анализируемого компонента в водной вытяжке, определённое с помощью тест-системы, мг/л;  
5 — коэффициент, равный отношению объёма воды в миллилитрах для приготовления вытяжки к массе сухого образца почвы или сыпучей среды в граммах, использованной для приготовления вытяжки.

**Пример расчёта.** Для приготовления вытяжки вещества из соледержащего отвала неизвестного происхождения смешали 100 мл воды и 20 г сухого вещества отвала.

При тестировании вытяжки тест-системой «Нитрат-тест» обнаружены нитраты, причем окраска рабочего участка тест-полоски оказалась интенсивнее максимального образца «1000 мг/л» на контрольной шкале. Вытяжку разбавили в 50 раз (к 49 мл чистой воды пипеткой добавили 1 мл вытяжки). При тестировании разбавленной вытяжки окраска рабочего участка индикаторной полоски оказалась близка образцу «200 мг/л». Следовательно, концентрация нитратов в первоначальной вытяжке ориентировочно составляет:

$$200 \times 50 \cong 10000 \text{ мг/л.}$$

Ориентировочное содержание нитратов в солевом отвале составляет:

$$C_{\text{NO}_3^-} = 10000 \times 5 = 50000 \text{ мг/кг} = 50 \text{ г/кг} = 5\% \text{ масс.}$$

Пример выполнения работы по приготовлению модельных загрязнений воды и их экспресс-анализу приведён в главе 7 (работа 4).

---

## 6.5 Методика оценки экологического состояния почвы с применением мини-экспресс-лабораторий

### 6.5.1 Общие сведения

Оценка экологического состояния почвы с помощью мини-экспресс-лабораторий предполагает тестирование образцов почвы по кислотности и засолённости (определение хлоридов, сульфатов, карбонатов, общей жёсткости). Главной задачей при проведении занятий по оценке состояния почвы с использованием мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» является не столько получение количественных результатов, сколько получение представления о почве как среде жизни, жизненно важных свойствах почвы, возможности и способах оценки этих свойств и формирование соответствующих практических навыков.

Рассматривая кислотность почвы как естественный параметр, на который оказывают влияние природные и антропогенные процессы, целесообразно в ходе занятия или при подготовке класса к нему кратко охарактеризовать эти процессы. В частности, при рассмотрении кислотности почвы отмечаются:

- 1) типы почв, которым свойственна повышенная кислотность (подзолистые, дерново-подзолистые), а также факторы, вызывающие повышенную кислотность (например, гниение хвойной подстилки);
- 2) наличие оптимальных значений кислотности почв различных сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений (соответствующие данные приведены в табл. 11);
- 3) влияние таких процессов антропогенного загрязнения, как
  - кислотные дожди;
  - разложение удобрений, сопровождающееся закислением почвы (мочевины);
  - кислотные сбросы сточных вод промышленных и агропромышленных предприятий (производство минеральных удобрений, животноводческие комплексы и др.);
  - кислотные бытовые сбросы (например, кислота из автомобильных аккумуляторов);
- 4) способы искусственного регулирования кислотности почвы — известкование и гипсование.

**Оптимальные значения pH почвы для выращивания основных  
сельскохозяйственных культур**

<b>Растение</b>	<b>Оптимальные значения pH</b>	<b>Растение</b>	<b>Оптимальные значения pH</b>
Овес	5,0–7,7	Картофель	5,0–5,5
Рожь озимая	5,5–7,5	Сахарная свекла	7,0–7,5
Пшеница яровая	6,0–7,5	Люцерна	7,0–8,0
Пшеница озимая	6,3–7,6	Клевер	6,0–7,0
Ячмень	6,8–7,5	Донник	6,5 и более
Кукуруза	6,0–7,0	Люпин	4,5–6,0
Просо	5,5–7,5	Тимофеевка	5,6 и более
Гречиха	4,7–7,5	Капуста	6,7–7,4
Горох	6,0–7,0	Свекла столовая	6,8–7,5
Соя	6,5–7,1	Томаты	6,3–6,7
Горчица	Около 7	Редис, репа	5,5 и более
Лён	5,9–6,5	Морковь	5,5–7,0
Подсолнечник	6,0–6,8	Огурцы	6,0–7,9
Конопля	7,1–7,4	Салат	6,0–7,0
Чай	4,8–6,2	Хлопчатник	6,5–9,0

Аналогично могут быть рассмотрены некоторые сведения о засолении почвы, его естественных типах, природных и антропогенных факторах его формирования и регулирования. Данные о содержании различных солей в почвенном растворе (водной вытяжке) и соответствующих типах засоления почвы приведены в табл. 12.

В упрощённом виде тестирование почвы может выполняться с применением тест-систем в любой модификации мини-экспресс-лаборатории (определение кислотности и солевого пятна). Определение солей в почвенной вытяжке проводится с применением модификаций «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва».

**Степени и типы засоленности почв в зависимости  
от концентраций солей в почвенной вытяжке\***

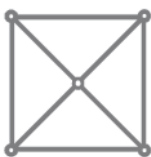
Степень засоленности почв	Тип засоленности в зависимости от типа и массовой доли солей в сухой почве, %		
	Хлориды	Сульфаты	Гидрокарбонаты
Для хлоридно-сульфатного засоления			
Незасоленные	меньше 0,01	—	—
Слабозасоленные	0,01-0,05	—	—
Среднезасоленные	0,05-0,10	—	—
Сильнозасоленные	0,1-0,2	—	—
Солончаки	больше 0,2	—	—
Для сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления			
Незасоленные	0,01	меньше 0,10	—
Слабозасоленные	0,01	0,1-0,4	—
Среднезасоленные	0,05	0,4-0,6	—
Сильнозасоленные	0,10	0,6-0,8	—
Солончаки	—	больше 0,8	—
Для содового и смешанного засоления			
Незасоленные	0,01	0,02 и более	меньше 0,06
Слабозасоленные	0,01	0,05-0,1	0,1-0,2
Среднезасоленные	0,1	0,2 и более	0,2-0,3
Сильнозасоленные	0,2	0,2 и более	0,3-0,4
Солончаки	0,2	0,2 и более	больше 0,4

\* По данным издания [29].

## 6.5.2 Этапы практической работы

С помощью мини-экспресс-лабораторий реализуется как упрощённая (все модификации), так и углублённая («Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва») методика оценки состояния почвы. В обоих случаях практическая работа имеет следующие основные этапы.

**1. Отбор образцов почвы и её подготовка**, которая включает, в общем случае, отбор инородных включений и сушку. При этом внимание учащихся обращается на общие свойства почвы: её состав, внешний вид, структуру, влажность. Если для большей представительности отбирали несколько образцов почвы (например, при отборе методом «конверта»), проводят объединение (усреднение) образцов.



Метод конверта состоит в том, что из точек исследуемого участка отбирают пять образцов почвы. Точки отбора должны быть расположены так, чтобы, мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта (длина стороны квадрата примерно 2–3 м).

Сушка образца выполняется заблаговременно накануне дня занятий либо на предыдущем занятии, требуемое количество почвы — не менее 100–200 г — располагается на открытом поддоне слоем не более 2 см в тёплом помещении. Для сушки влажной на ощупь почвы (такая почва обычно имеет влагосодержание около 15–20%) обычно достаточно оставить почву при указанных условиях на ночь. В случае приближённой оценки (например, при работе в полевых условиях) почву можно считать находящейся в достаточно высушенном состоянии, если она сухая на ощупь и легко рассыпается. В данном случае влагосодержание почвы составляет около 2–5%.

Высушенный образец при необходимости (в полевых условиях) упаковывается в плотную бумагу, полиэтиленовые или полотняные мешочки, к нему прилагается этикетка, в которой указываются место взятия образца, его номер и дата отбора.

**2. Дозировка порции высушенной почвы** может быть выполнена взвешиванием либо методом дозировки по объёму, используя данные по насыпной плотности почв различного типа. Так, образцы почвы, находящиеся в высушенном (воздушно-сухом) и незначительно уплотнённом (утрамбованном) состоянии, имеют следующие значения насыпной плотности: почвы типа «песок» — 1,4 г/см<sup>3</sup>; типа «торф» — 0,4 г/см<sup>3</sup>; типа «чернозём» — 1,1 г/см<sup>3</sup>. Следовательно, если стоит задача отобрать для анализа 30 г сухой почвы типа «чернозём», для этого (с определённой точностью) достаточно насыпать в мерный стеклянный сосуд, например банку или склянку из комплекта, такое ко-

---

личество сухой почвы, чтобы в слегка уплотнённом виде она занимала объём около 27 мл.

**3. Приготовление вытяжек.** Для оценки засоленности почвы тестируется водная вытяжка, для оценки кислотности — солевая. Водная вытяжка готовится добавлением к почве дистиллированной (либо прокипячённой водопроводной) воды в соотношении 15 мл воды на 3 г почвы (5:1); солевая — добавлением раствора хлорида калия в конц. 1,0 моль/л соотношении 7,5 мл раствора на 3 г почвы (2,5:1). Технология приготовления почвенных вытяжек с описанием отдельных операций, реализуемая на практических занятиях, приведена в работе 6 (глава 7).

**4. Тестирование (анализ) вытяжки.** Тестирование солевой вытяжки при оценке кислотности проводится с использованием имеющейся в комплекте «Пчёлка-У» тест-системы «рН». Тестирование проводится в порядке, указанном в инструкции по применению тест-системы «рН-тест», п. 6.4 (глава 7).

Количественный анализ компонентов вытяжки проводится с помощью соответствующих реагентов, растворов и принадлежностей из мини-экспресс-лабораторий модификаций «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва». В водной вытяжке определяют минеральный состав (содержание солей). Значение концентрации определяемого минерального компонента в образце ( $C_{II}$ , мг/кг) рассчитывается по формуле:

$$C_{II} = C_B \times \frac{V}{m},$$

где  $C_B$  — концентрация контролируемого компонента в водной вытяжке, определённая с помощью тест-системы, мг/л;

$V$  — объём воды или солевого раствора, использованного для приготовления вытяжки, мл;

$m$  — масса воздушно-сухого почвенного образца, г.

Тестирование водной вытяжки при оценке засоленности проводится по упрощённой методике, основанной на выпаривании небольшого (1 капля) количества вытяжки на предметном стекле микроскопа и визуальной оценке количества сухих солей, оставшихся на стекле после испарения влаги. Выпаривание рекомендуется проводить с помощью сухого горючего либо лабораторной спиртовки, не допуская сильного нагревания предметного стекла. Наличие сухого остатка на предметном стекле после испарения влаги свидетельствует о содержании солей в вытяжке, а количество сухих солей в остатке — о степени засоления. Наблюдение солевого остатка удобно проводить с помощью лупы. Степень засоления также может быть оценена путём тестирования нескольких



---

почвенных образцов из разных мест (например, из разных цветочных горшков) и сравнения количества сухого остатка.

Количественный анализ водной почвенной вытяжки при оценке засоленности (углублённый уровень) проводится с помощью аналитических растворов и принадлежностей в том же порядке, как и при анализе воды (п. 6.9).

Технология выполнения работы по оценке экологического состояния почвы с использованием мини-экспресс-лабораторий подробно изложена в разделе 7 настоящего руководства (работы 6–16).

При организации практических занятий необходимо так планировать их расписание, чтобы у класса (группы) было достаточно времени урока и для отбора и сортировки пробы почвы (около 30 мин), и для приготовления вытяжки (30–40 мин), и для её анализа (около 20 мин), и для изложения теоретического материала, проверки усвоения, контроля безопасности работ, подведения итогов занятия и др. Большие перерывы в экспериментальной работе по одной теме (на неделю и более) значительно снижают эффект от практикума.

## **6.6 Методика применения тест-системы «Нитрат-тест» при контроле пищевых продуктов**

Проблема загрязнения продуктов питания нитратами (повышенное содержание нитратов в продуктах питания) актуальна для оценки качества овощей, фруктов, различных соков. Эта проблема возникла сравнительно недавно, в связи с развитием знаний о причинах онкологических заболеваний.

Загрязнение почв и поверхностных вод соединениями азота обусловлено не столько глобальными процессами их образования в атмосфере, сколько бесконтрольным использованием азотных удобрений (в основном нитратов) в сельском хозяйстве. Нитрат-ион очень подвижен в естественных условиях, так как нитраты хорошо растворимы в воде и не связываются частицами почвы.

Говоря о нитратах, мы подразумеваем, в основном, растворимые соли азотной кислоты с ионами  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Нитраты являются естественным компонентом почвенного раствора. Попадая в растения, они частично усваиваются и становятся естественным компонентом тканей организма. Нитраты являются легкорастворимыми солями (в 1 л воды или почвенной влаги при 20 °С может раствориться до 88 г  $\text{NaNO}_3$  или 126 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), и легко разносятся грунтовыми водами.

---

Существует несколько механизмов токсического воздействия нитратов на организм человека. Сами по себе нитраты относительно малотоксичны (относительно других распространённых токсикантов). В биологической среде, в том числе в организме человека, в результате биохимических реакций они превращаются в нитриты, или соли азотистой кислоты ( $\text{HNO}_2$ ).

Нитриты токсичнее нитратов в 450 раз. Поступая в кровь, нитриты взаимодействуют с гемоглобином крови и блокируют его дыхательную функцию, превращая часть гемоглобина в метгемоглобин, не способный переносить кислород от лёгких к тканям. При образовании большого количества метгемоглобина (30–40%) возникает кислородное голодание тканей, что может вызвать поражение центральной нервной системы. При содержании в крови метгемоглобина 15–20% у человека возникает легкая слабость, головная боль, синюшность.

Нитратные удобрения (аммиачная, калийная и натриевая селитры) следует вносить в почву, строго соблюдая агротехнические рекомендации. В противном случае основная масса нитратов попадает в водоёмы, вызывая их загрязнение и ускоренную эвтрофикацию. По этой причине внесение нитратных удобрений в почву, имеющее часто неконтролируемый характер, называют умеренным загрязнением окружающей среды.

Таким образом, бороться надо не с нитратами, а с нарушениями агротехнических норм и правил, приводящих к загрязнению окружающей среды и избыточному содержанию нитратов в продуктах. Кроме того, превращение нитратов в тканях овощей и фруктах протекает, как и любая химическая реакция, во времени. Поэтому для «самоочищения» овощей и фруктов от нитратов существенным является срок хранения. Так, зимой и особенно весной нитраты в количествах, превышающих ПДК, можно встретить лишь в свежей зелени.

Исследование содержания нитратов в продуктах питания очень познавательно проводить с учащимися на уроках, факультативных занятиях, на элективных курсах при изучении темы «Оценка качества продуктов питания».

Школьникам полезно привести следующие справочные данные: смертельная доза нитратов для человека составляет 8–15 г; допустимое суточное потребление — не более 5 мг на 1 кг веса человека. ПДК нитратов в воде водоёмов — 45 мг/л; в почве — 130 мг/кг (класс опасности 3). Данные о допустимом содержании нитратов в овощах и фруктах приведены в табл. 13 [34, 39].

При контроле пищевых продуктов учащиеся определяют содержание нитратов в овощах, фруктах, соках, сиропах и т. п. При этом с помощью тест-системы «Нитрат-тест» выполняются операции в порядке, изложенном в инструкции.

**Предельно допустимые уровни содержания нитратов  
в продуктах растительного происхождения**

Пищевой продукт	Содержание нитратов, мг/кг	
	из открытого грунта	из защищённого грунта
Арбузы	60	—
Виноград столовых сортов	60	—
Дыни	90	—
Зелёные культуры (салат, шпинат, щавель, капуста салатная, петрушка, сельдерей, кинза, укроп и др.)	2000	3000
Кабачки	400	400
Капуста белокочанная — ранняя (до 1 сентября) — поздняя	900 500	— —
Картофель	250	—
Морковь, — ранняя (до 1 сентября) — поздняя	400 250	— —
Огурцы	150	400
Перец сладкий	200	400
Продукты детского питания (консервированные фруктовые соки и пюре)	50	—
Томаты	150	300
Яблоки, груши	60	—

Пример выполнения работы по оценке качества продуктов питания по содержанию в них нитратов приведён в разделе 7 (работа 17).

Результаты, полученные при исследовании рекомендуем заносить в таблицу 14.

Развёрнутый план и описание урока, посвящённого контролю качества овощей и фруктов по содержанию в них нитратов с помощью тест-системы «Нитрат-тест», приведён в приложении 1, а также на сайте учебного центра <http://u-center.info>.

**Результаты исследования содержания нитратов  
в продуктах питания и питьевой воде  
(форма для заполнения)**

Наименование продукта	ПДК нитратов, мг/кг	Фактическое содержание нитратов, мг/кг
Зелёные культуры (укроп, петрушка, щавель и др.)	2000	
Капуста белокочанная ранняя	900	
Капуста белокочанная поздняя	500	
Картофель	250	
Огурцы	150	
Яблоки	60	
Питьевая вода	45	

## **6.7 Приготовление модельных воздушных смесей и освоение приёмов работы с индикаторными трубками\***

### **6.7.1 Общие положения**

При проведении мониторинга воздушной среды в местах расположения школ, зонах отдыха, парках и т. п. (т. е. в относительно благополучных зонах) необходимо определять содержание химических загрязнителей-токсикантов в концентрациях на уровне предельно допустимой концентрации для воздуха населённых пунктов. Это требует применения высокочувствительных методик и приборов, освоение которых как учащимися, так и учителями вызывает серьёзные трудности, причём сами приборы в образовательных учреждениях, как правило, отсутствуют. Это приводит либо к невозможности проведения работы по оценке загрязнённости воздушной среды, либо к её низкой эффективности.

Педагогический результат, с нашей точки зрения, достигается на тех занятиях, на которых учащиеся:

- работают с реально загрязнённой средой или её моделью;

\* Приводится на основе методических рекомендаций для учителей «Учебное моделирование химических загрязнений воздушной среды» [18].

- 
- непосредственно участвуют в подготовке и проведении эксперимента;
  - наблюдают аналитический (качественный) эффект определения загрязнителя (желательно — визуально);
  - имеют возможность количественной (полуколичественной) оценки уровня загрязнённости для его сравнения с допустимыми нормами;
  - делают обоснованный вывод о составе (загрязнённости) среды.

Указанные условия реализуются при учебном моделировании химических загрязнений воздуха, предусмотренном в модификациях мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У», позволяющих проводить исследование воздуха.

Метод моделирования загрязнений воздуха широко используется на практике (например, при разработке приборов и измерительных систем и их калибровке; при испытании систем, работающих в агрессивных средах; при токсикологических исследованиях и др.). Данный метод представляет собой способ воспроизведения реальных факторов химического воздействия на окружающую среду в микромасштабах, позволяющих экспериментатору работать с мини-экспресс-лабораторией «Пчёлка-У» в условиях образовательного учреждения. В экспериментах используются микроколичества вредных веществ и их моделей. Метод моделирования представляет собой также способ воспроизведения химических загрязнений воздуха, не наносящий ущерба окружающей среде и не требующий утилизации отходов.

Метод учебного моделирования загрязнений воздуха базируется на интеграции естественно-научных знаний и позволяет достичь комплексного эффекта. Использование данного метода направлено на:

- ознакомление учащихся с отдельными процессами химического загрязнения воздуха;
- повышение познавательного интереса учащихся к исследованию природных явлений;
- ознакомление учащихся с современными способами определения загрязнений воздуха;
- развитие умений по практической количественной оценке степени загрязнённости воздуха;
- ознакомление со способами очистки загрязнённых газовых смесей;
- развитие прогностичности оценки факторов, влияющих на физико-химические процессы при распространении загрязнений воздуха.

Сущность метода моделирования химических загрязнений воздуха состоит в приготовлении учебных модельных смесей компонента-загрязнителя (далее — компонента) с воздухом посредством дозированного выделения препаративно получаемого газообразного компонента (либо насыщенных паров жидкого компонента) в замкнутой камере известного объёма.

Концентрации компонентов в учебных модельных смесях значительно (в десятки раз) превышают фактическую загрязнённость воздушной среды населённых пунктов и составляют не менее предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{ВРЗ}}$ ), благодаря чему загрязнённость может быть быстро и достоверно определена в присутствии учащихся (либо самими учащимися) с помощью визуально-колористических или колориметрических индикаторных трубок, а также с помощью других индикаторных средств.

Проблема утилизации отходов после экспериментов с моделированием практически отсутствует из-за малых количеств химикатов. Кроме того, выделение газов может быть в любой момент прекращено при опускании бюкса с химикатами в стакан с водой или слабым раствором щёлочи.

В табл.15 приведены основные сведения о приоритетных загрязнителях воздушной среды: их свойства, источники поступления в атмосферу, предельно допустимые концентрации для воздуха населённых пунктов — среднесуточные и максимальные разовые ( $\text{ПДК}_{\text{ВНП}}$ ), воздуха рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{ВРЗ}}$ ), а также класс опасности загрязнителя-токсиканта [12].

Таблица 15

### Основные свойства приоритетных загрязнителей воздушной среды

Наименование компонента-загрязнителя	Основные физико-химические и др. свойства	Основные источники поступления в атмосферу	$\text{ПДК}_{\text{ВНП}}$ среднесут., $\text{мг/м}^3$	$\text{ПДК}_{\text{ВНП}}$ максим. раз., $\text{мг/м}^3$	$\text{ПДК}_{\text{ВРЗ}}$ , $\text{мг/м}^3$	Класс опасности
1 Аммиак $\text{NH}_3$	Бесцветный газ с резким характерным запахом	Выбросы животноводческих комплексов (особенно летом), холодильных комбинатов (установок)	0,04	0,2	20	4
2 Озон $\text{O}_3$	Бесцветный газ с резким характерным запахом, ощутимым при концентрации $0,02 \text{ мг/м}^3$	Фотохимический оксидант: образуется в атмосфере в результате фотохимических реакций под воздействием солнечной радиации, в промышленности — в процессе сварки и др.	0,03	0,16	0,10	1
3 Оксид азота (II) (монооксид азота) $\text{NO}$	Бесцветный газ со слабым запахом. В атмосфере быстро превращается в оксид азота (IV)	То же	0,06	0,4	5	3

Наименование компонента-загрязнителя	Основные физико-химические и др. свойства	Основные источники поступления в атмосферу	ПДК <sub>ВНП</sub> среднесут., мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>ВНП</sub> максим. раз., мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>ВРЗ</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
4 Оксид азота (IV) (диоксид азота) NO <sub>2</sub>	Желтовато-бурый газ с характерным запахом, раздражает дыхательные пути. Активно взаимодействует с другими загрязнителями воздуха	Выхлопные газы автотранспорта, продукты сгорания топлив, мусора и т. п.	0,04	0,085	2	2
5 Оксид серы (IV) (диоксид серы, сернистый газ) SO <sub>2</sub>	Негорючий бесцветный газ с резким характерным запахом, раздражающим дыхательные пути, ощутимым при концентрациях 0,4-1,3 мг/м <sup>3</sup>	Сгорание ископаемых топлив (угля), производство резиновых изделий выбросы промышленных предприятий	0,05	0,5	10	3
6 Оксид углерода (II) (монооксид углерода, угарный газ) CO	Бесцветный ядовитый газ без запаха, обладает кумулятивным эффектом. Время жизни в атмосфере — 2-4 мес.	Выхлопные газы тепловых двигателей (продукты неполного сгорания топлив), выбросы промышленных предприятий.	3,0	5,0	20	4
7 Оксид углерода (IV) (углекислый газ, диоксид углерода) CO <sub>2</sub>	Бесцветный газ без запаха, продукт жизнедеятельности организмов	Дыхание животных и растений, разложение (сгорание) органических остатков и мусора, разгерметизация установок пожаротушения, выбросы предприятий топливно-энергетического комплекса	680 (0,03-0,04% норма в атмосфере)	—	10000 (5%) ОБУВ*	
8 Ртуть металлическая (пары) Hg	Бесцветные пары без запаха, значительно тяжелее воздуха. Хорошо сорбируются древесиной, стройматериалами. Токсикант кумулятивного действия	Сжигание ископаемого топлива, аварии, проливы металлической ртути, выбросы заводов по производству хлора и щелочи	0,0003	—	0,01	1
9 Сероводород H <sub>2</sub> S	Бесцветный ядовитый газ с резким запахом (запахом тухлых яиц)	Выбросы месторождений нефти и газа, некоторых химических предприятий	—	0,008	10	2

Наименование компонента-загрязнителя	Основные физико-химические и др. свойства	Основные источники поступления в атмосферу	ПДК <sub>ВНП</sub> среднесут., мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>ВНП</sub> максим. раз., мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>ВРЗ</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
10 Углеводороды нефти (нефтепродукты) C <sub>5</sub> –C <sub>11</sub>	Бесцветные пары со слабым запахом, обладают наркотическим эффектом	Выхлопные газы тепловых двигателей (продукты неполного сгорания), аварийные ситуации (проливы топлива)	25 (пентан)	100	300	4
11 Фтороводород HF	Бесцветный газ с резким запахом, сильный раздражитель дыхательных путей	Выбросы предприятий по производству фосфорита, апатита, алюминиевых и криолитовых заводов	0,005	0,02	0,5	2
12 Хлор Cl <sub>2</sub>	Жёлто-зеленоватый газ с резким раздражающим запахом, сильный окислитель	Разливы транспортируемого сжиженного хлора, выбросы промышленных предприятий	0,03	0,1	1,0	2

**Примечание.** \*ОБУВ — ориентировочный безопасный уровень воздействия.

### 6.7.2 Приготовление учебных модельных загрязнений воздуха и их анализ

Приготовление учебных модельных смесей (далее также — смесей) проводят в два этапа.

На первом этапе препаративно получают необходимое количество газообразного компонента (или насыщенных паров жидкого). При создании смесей в предлагаемых (статических) условиях в камеру известного объёма (например, бокс, бутылка, газовый полиэтиленовый мешок и т. п.) вносят определённую массу компонента. При условии равномерного распределения компонента по объёму камеры (достигается при перемешивании в камере) массу вещества, которая должна быть внесена в камеру для достижения в ней заданной величины концентрации, рассчитывают по формуле:

$$m = K_n \times C_g \times V$$

где  $m$  — масса вещества, вносимого в камеру, мг;

$V$  — объём камеры, м<sup>3</sup>;

$K_n$  — эмпирический коэффициент потерь (может принимать значения от 0,1 до 1,0 и более в зависимости от методики эксперимента. При оценочных расчётах рекомендуется использовать  $K_n = 0,5$ );

$C_g$  — заданная величина концентрации компонента в камере, мг/м<sup>3</sup>.



На втором этапе полученное количество компонента (газа или паров) помещают в камеру и получают, таким образом, учебную модельную смесь. В табл. 16 приведены методы приготовления учебных модельных смесей компонентов — загрязнителей атмосферы и уравнения соответствующих химических реакций.

Таблица 16

**Методы приготовления учебных модельных загрязнений воздуха**

Наименование компонента-загрязнителя	Метод получения
1 Аммиак	Получением насыщенных паров аммиака над раствором аммиака (нашатырного спирта) (см. прим. 1)
2 Озон (см. прим. 2)	Получением с использованием озонатора: $\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{O} + \text{O} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{O}_3$
3 Оксид азота (II) (монооксид азота) (см. прим. 2)	Взаимодействием разбавленной азотной кислоты с избытком меди (стружкой) при комнатной температуре: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
4 Оксид азота (IV)	1. Взаимодействием концентрированной азотной кислоты с избытком металлической меди (стружкой) при комнатной температуре: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = 2\text{NO}_2\uparrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 2. Взаимодействием концентрированной серной кислоты (см. прим. 1) с избытком нитрита натрия при комнатной температуре: $2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
5 Оксид серы (IV)	Сжиганием головки спички либо элементарной серы: $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
6 Оксид углерода (II) (см. прим. 2)	Взаимодействием муравьиной кислоты с избытком горячей (температура 70-80 °С) концентрированной серной кислоты: $\text{HCOOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
7 Оксид углерода (IV)	1. Испарением твердой углекислоты. 2. Термическим разложением пищевой соды в горячем водном растворе (при температуре 60 °С и более): $2\text{NaHCO}_3 = \text{CO}_2\uparrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
8 Сероводород	Взаимодействием концентрированной соляной кислоты с избытком сульфида железа (II) при комнатной температуре: $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{FeCl}_2$
9 Углеводороды нефти, органические растворители	Получением насыщенных паров над капельно-жидким растворителем.

Наименование компонента-загрязнителя	Метод получения
10 Хлор (см. прим. 2)	1. Взаимодействием концентрированной соляной кислоты с избытком сухой хлорной извести при комнатной температуре: $\text{CaOCl}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 2. То же с избытком хлорамина Б: $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{N}(\text{Na})\text{Cl} + 2\text{HCl} = \text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{NH}_2 + \text{NaCl} + \text{Cl}_2\uparrow$ <i>(избыток)</i> 3. Взаимодействием концентрированной соляной кислоты с избытком сухого перманганата калия при комнатной температуре: $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 5\text{Cl}_2\uparrow + 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$

**Примечания.** 1. В состав лабораторий не входит.  
 2. Приготовление отмеченных смесей компонентов (хлор, оксид углерода (II) и др.) и их анализ допускаются только в специально оборудованных лабораториях самим преподавателем.

Внесение в камеру препаративно полученного компонента возможно несколькими способами. Наиболее удобным является способ, по которому в камеру помещают буюкс, содержащий необходимые компоненты. В этом случае выделение газа (паров) происходит в самой камере. В других случаях (например, при приготовлении смесей оксида углерода (II)) выделяющийся газ можно предварительно собрать в газометре, и уже затем перенести в камеру. В мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» в качестве камеры используется чистый полиэтиленовый мешок объёмом 3–5 л. Следует обратить внимание



Рис. 23. Использование полиэтиленовой камеры при анализе загрязнённых воздушных смесей

на негерметичность, возникающую при пережимании горловины мешка, и возможные при этом утечки загрязнённого воздуха.

Анализ учебной модельной смеси проводится с помощью индикаторной трубки. Пробу смеси отбирают из средней части камеры, вводя туда индикаторную трубку с верхней частью аспиратора, как показано на рис. 23.

---

### 6.7.3 Методика проведения занятий

Простота и наглядность экспериментов по изготовлению учебных модельных смесей и их анализу позволяет рекомендовать их к проведению в условиях классов-лабораторий (кабинетов), оборудованных исправной вытяжной вентиляцией.

Ввиду определённой сложности в реализации метода (необходимости приобретения известных навыков выполнения работ, а также наличия, хотя и в небольших количествах, вредных веществ — газообразных загрязнителей-токсикантов, паров концентрированных и разбавленных минеральных кислот), данный метод может быть рекомендован как демонстрационный. Метод выполняется специально подготовленным преподавателем (методистом, лаборантом) при наличии соответствующих условий. Основным из таких условий является наличие оборудованного вытяжного шкафа или хорошо проветриваемого помещения. В отдельных случаях к выполнению эксперимента (в полном объёме либо частично) могут быть привлечены учащиеся специализированных старших классов, хорошо усвоившие механизм протекающих химических реакций и физико-химических процессов, происходящих при газовой выделении, знающие факторы опасности при выполнении работ и соответствующие способы защиты.

Рекомендуется проведение занятия также двумя преподавателями (с участием преподавателя химии). Это может способствовать лучшему изложению химического метода получения вещества-загрязнителя и строгому соблюдению правил техники безопасности.

Работы по данной теме целесообразно проводить на спаренном (2-часовом) занятии, совмещая теоретическую часть, эксперимент по приготовлению модельных смесей и их анализ. Занятие следует начинать с изложения (повторения) основных химических загрязнителей атмосферы, их свойств и источников, обратив внимание на масштабы их поступления в атмосферу. Далее, выбрав один или несколько компонентов в качестве изучаемых загрязнителей воздуха\*, необходимо подробно изложить метод их приготовления, обратив внимание на сопутствующие процессы (выделение тепла при химических реакциях), факторы экологической опасности (наличие в воздухе загрязнителя-токсиканта, возможность разбрызгивания или пролива концентрированных кислот) и др. Затем можно перейти непосредственно к приготовлению учебных модельных смесей, предварительно проверив готовность камеры, индикаторных трубок, насоса-пробоотборника, а также знание учащимися факторов опасности и правил техники безопасности.

---

\* Желательно, чтобы выбранные загрязнители содержались в промышленных или транспортных выбросах в районе расположения образовательного учреждения, проживания или отдыха учащихся.

Внимание учащихся следует обратить на отсутствие цвета у приготовленных смесей (т. е. даже сильно загрязнённый воздух бесцветен). При анализе смеси следует, по возможности, не допускать её утечки из камеры, а после анализа организовать её проветривание чистым воздухом.

Общая схема проведения занятий представлена на рис. 24.



Рис. 24. Блок-схема проведения лабораторных практических занятий по учебному моделированию загрязнений воздушной среды

**Блок 1 «Учебное моделирование загрязнений»** включает выбор компонента и способа моделирования, использование различного лабораторного оборудования и может быть реализован в разных вариантах в зависимости от подготовленности группы учащихся, оборудования кабинета (лаборатории) и других условий.

**Блок 2 «Аналитическое определение загрязнений»** включает выбор метода и средства анализа, проведение анализа, очистку неизрасходованной смеси и определение полученных результатов. Элементы прогноза экологической ситуации можно ввести в данный блок, рассмотрев (рассчитав), например, уровень загрязнения воздуха, который мог бы возникнуть в случае распределения всего выделенного количества компонента в воздухе классного помещения (предварительно рассчитав объём помещения).

## 6.7.4 Эксперименты по приготовлению учебной модельной смеси и её анализу

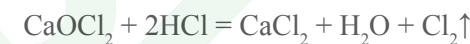
Эксперименты по моделированию загрязнённости воздушной среды рекомендуется проводить методами, указанными в табл. 16. Для получения газов-загрязнителей могут быть также использованы и другие достаточно удобные, надежные и безопасные методы.

Анализ учебной модельной смеси проводится с помощью индикаторных трубок.

Следует отметить эффективность эксперимента с анализом оксида углерода (IV) с помощью индикаторной трубки: его чувствительность позволяет провести серию измерений содержания этого газа в воздухе парка, классного помещения при проведении занятий, в выдыхаемом воздухе и др. Для проведения эксперимента по определению углекислого газа не требуется приготовление модельной смеси. Углекислый газ (оксид углерода (IV), диоксид углерода,  $\text{CO}_2$ ) — газ, выделяемый в воздух всеми живыми существами. Кроме того, огромные количества этого газа выбрасываются в воздух при сгорании топлива, при пожарах и т. п. Содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере непрерывно повышается в результате деятельности человека, что обуславливает, в числе других факторов, потепление климата (парниковый эффект).

В качестве примера приводим методику проведения эксперимента по приготовлению модельной газовой смеси хлора с применением хлорной извести (допускается использование также хлорамина Б — см. табл. 16)\*.

1. Записываем уравнение реакции получения хлора:



(избыток)

$$v = 2 \text{ моль}$$

$$M = 36,5 \text{ г/моль}$$

$$m = 36,5 \times 2 = 73 \text{ г}$$

$$v = 1 \text{ моль}$$

$$M = 71 \text{ г/моль}$$

$$m = 71 \text{ г}$$

2. По табл. 17 находим ориентировочную массу 1 капли концентрированной соляной кислоты (0,032 г) и массу основного компонента в ней (0,012 г хлороводорода).

---

\* Аналогично могут быть приготовлены учебные модельные смеси других газов, исходным компонентом для которых является избыток какого-либо сухого препарата (соли, металла), а реакция протекает при комнатной температуре.

**Данные для ориентировочных расчётов  
при получении компонентов учебных модельных смесей**

Наименование кислоты	Химическая формула	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Ориентировочные характеристики 1 капли концентрированных кислот		
			Масса, г	Объём, мл	Масса основного компонента, г
1 Серная	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,83	0,038	0,021	0,036
2 Соляная	HCl	1,19	0,032	0,027	0,012
3 Азотная	HNO <sub>3</sub>	1,41	0,020	0,014	0,014

3. Рассчитываем количество хлора, выделяющееся после добавления к избытку хлорной извести 1 капли концентрированной соляной кислоты:

- при добавлении  $2 \times 36,5$  г HCl выделяется  $2 \times 35,5$  г Cl<sub>2</sub>;
- при добавлении 0,012 г HCl выделяется  $X$  г Cl<sub>2</sub>.

$$X = \frac{0,012 \times 2 \times 35,5}{2 \times 36,5} = 0,017 \text{ г} = 12 \text{ мг}.$$

Задаемся коэффициентом потерь ( $K_n = 0,5$ , см. выше) на неполноту выделения, утечки и др. С учетом потерь масса выделившегося хлора составит  $12 : 50 \approx 0,24$  мг.

4. Рассчитываем рабочую концентрацию хлора в воздухе ( $C_B$ ).

С учетом объёма камеры 5 л (0,005 м<sup>3</sup>) она составит:

$$C_B = \frac{0,24}{0,005} = 48 \text{ мг/м}^3.$$

Сравниваем её с приведёнными в табл. 15 данными по ПДК хлора (для воздуха рабочей зоны значение ПДК составляет 1,0 мг/м<sup>3</sup>) и определяем степень превышения ПДК расчётным значением концентрации (48:1 = 48 раз)\*.

Приводим эксперимент по получению учебной модельной смеси и её анализу с помощью индикаторной трубки.

В бюкс (склянку) вместимостью 10–20 мл шпателем помещаем около 0,5–1 см<sup>3</sup> сухой хлорной извести. Набираем в полимерную пипетку кон-

\* Приведенные в табл. 15 значения ПДК и в табл. 2 — данные о чувствительности индикаторных трубок могут служить хорошей базой сопоставления результатов, полученных при анализе учебных модельных смесей, и нормативов качества воздушной среды.

центрированную соляную кислоту (техника безопасности!), добавляем 1–2 капли на сухую хлорную известь, как показано на рис. 25.

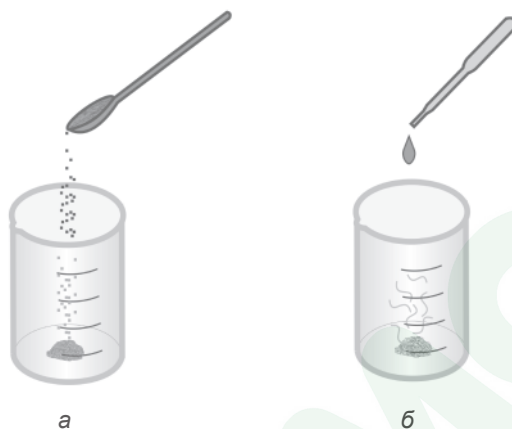


Рис. 25. Preparативное получение хлора при моделировании загрязнений воздушной среды:

а — помещаем в стаканчик хлорную известь;  
б — добавляем пипеткой 1–2 капли концентрированной соляной кислоты

Бурное выделение газа наблюдается сразу же.

Бюкс быстро помещаем в камеру и выдерживаем до прекращения газо-выделения около 1–2 мин). Далее осторожно, не теряя содержащейся в камере газозвушной смеси, помещаем туда (в среднюю часть) предварительно подготовленную индикаторную трубку с аспиратором.

Прокачиваем через индикаторную трубку необходимое количество смеси, указанное на этикетке упаковки индикаторных трубок (обычно 300 см<sup>3</sup>), выдерживая аспиратор после каждого качания не менее 1 мин для завершения цикла прокачивания (подробное описание порядка работы с аспиратором при прокачивании воздуха через индикаторные трубки приведено в разделе 6.2).

Наблюдаем окраску наполнителя индикаторной трубки и, сравнивая её с образцом на этикетке, делаем с учащимися вывод о фактической величине концентрации хлора в смеси.

При отсутствии окраски наполнителя можно проанализировать источники потерь хлора (либо другого препаративно получаемого соединения) и повторить эксперимент, увеличив, при необходимости, количество капель кислоты до 3–4 или более, не нарушая при этом принцип избыточности компонента.

Имея расчётное и фактически измеренное значения концентрации, можно рассчитать коэффициент потерь ( $K_n$ ) и обсудить возможные источники потерь (погрешности при расчёте, неполнота выделения, утечки и др.).

---

Следует иметь в виду, что (как указывалось выше) проблема утилизации отходов после экспериментов с моделированием практически отсутствует из-за малых количеств химикатов. Кроме того, выделение газов может быть в любой момент прекращено при опускании бюкса с химикатами в стакан с водой или слабым раствором щёлочи.



---

## 6.8 Приготовление модельных растворов

### **Приготовление растворов с модельными загрязнениями воды.**

Выполнение операций подробно описано в работе 4 (глава 7).

Следует иметь в виду, что определённые сложности в данном эксперименте могут возникнуть при приготовлении раствора для тестирования, концентрация которого окажется выше или ниже концентрационных диапазонов, эффективно и наглядно определяемых с применением тест-систем. По этой причине, при выполнении операции 2 работы 4 рекомендуется использовать заранее приготовленные модельные растворы соответствующих реагентов (солей железа, хромата, нитрата; хлорной извести или хлорамина Б). Модельные растворы с заданной концентрацией определяемого компонента (не реагента!) следует приготавливать заблаговременно с использованием общих приёмов приготовления растворов, применяемых в аналитической химии. Для этого предварительно взвешивается навеска соответствующего реагента и растворяется в необходимом количестве воды (дистиллированной или чистой прокипячённой), после чего добавляется вода до объёма, требуемого по расчёту заданной концентрации. Модельным раствором можно перед уроком наполнить пробирки, что устранил необходимость добавления сухих реагентов, дальнейшего подбора концентрации для анализа и высвободит время для обсуждения целей работы и полученных результатов. Модельный раствор не следует приготавливать в большом количестве, учитывая демонстрационный характер опыта, но даже учитывая возможное привлечение нескольких к эксперименту учащихся, достаточно 100 мл на опыт с реагентом каждого наименования. При приготовлении модельных растворов следует ориентироваться на концентрации готового раствора, приближающиеся к верхним границам диапазонов определяемых концентраций соответствующих тест-систем: для тест-систем на железо, хроматы, нитраты такой концентрацией является 1000 мг/л, на активный хлор — 100 мг/л. С полученными таким образом модельными растворами можно проводить опыты; из них можно также получить путём разбавления и растворы с меньшими концентрациями, рассчитывая их концентрации с учётом степени разбавления.

При обсуждении полученных результатов следует обращать внимание учащихся на методику применения тест-систем (она имеет особенности у некоторых тест-систем, см. п. 4.4), характер возникающего индикационного эффекта, его цвет, интенсивность, время развития окраски и т. п.

Вскрытые склянки с реагентами, после их частичного использования, следует герметично закрыть во избежание рассыпания реагента либо потери его качества.

---

### **Приготовление раствора воды с временной жёсткостью.**

В стакан с известковой водой пропускают углекислый газ из аппарата Киппа (или другого прибора) до появления осадка, а затем его растворения.

Раствор извести (известковая вода): 30-50 г гидроксида кальция (извести строительной или садовой), предварительно растолчённой от комков, помещают в стеклянную банку вместимостью 1 л и наливают туда 0,5 л чистой воды. Взвесь перемешивают и дают отстояться. Используют раствор, который может быть слегка мутным.

### **Приготовление раствора воды с постоянной жёсткостью.**

В колбе на 250-500 мл с дистиллированной или чистой кипячёной водой растворяют 1,0 г хлорида кальция. Если останется осадок, то его надо отфильтровать либо декантировать (слить жидкость с отстоявшегося осадка).

По окончании работ по приготовлению модельных растворов следует провести утилизацию излишков приготовленных растворов. Растворы могут быть собраны в отдельную посуду и далее обработаны согласно действующей инструкции либо сданы специализированной организации. Учитывая малые количества растворов, для утилизации модельные растворы можно разбавить водой в 100 раз, после чего слить в бытовую канализацию.

## 6.9 Применение мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» при количественном гидрохимическом анализе

При проведении учебных исследований или ученических проектных работ часто требуется оперировать количественными значениями концентраций веществ, для чего применение методов обнаружения на основе тест-систем оказывается неэффективным. Для определения главных ионов в малых концентрациях, а также для их количественного анализа необходимо использовать более точные методы, которые в изделиях модификации «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» предусмотрены на основе отработанных технологий и аттестованных полевых методик количественного анализа [30]. Описания количественных методов выполнения анализа с применением указанных модификаций приведены в пп. 6.9.3–6.9.6, соответствующие примеры практических работ — в разделе 7 настоящего руководства.

### 6.9.1 Правила отбора проб воды

Выполнение количественного гидрохимического анализа с помощью мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим» или «Пчёлка-У/почва» требует соблюдения правил хранения проб воды, приведённых в табл. 18.

Таблица 18

Особенности хранения проб воды

Анализируемый показатель	Максимальное время хранения пробы	Условия хранения
Гидрокарбонаты, карбонаты	1 сутки	Охлаждение до 2-5 °С
Жёсткость общая	2 суток	—
Сульфаты	7 суток	Охлаждение до 2-5 °С
Хлориды	1 месяц	—

Пробы воды для анализа отбирают в чистые стеклянные либо пластиковые бутылки вместимостью 0,3–2 л, заполняя их практически полностью (обычно оставляют в бутылки 5–10 мл воздуха), после чего бутылки герметично закрывают.

Подробнее о правилах отбора, консервации и хранения проб воды для анализов см. [17, 30].

---

## 6.9.2 Определение водородного показателя (рН) воды и почвенной вытяжки

Водородный показатель (рН) представляет собой отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации водородных ионов в растворе:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ .

Величина рН природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-ионов и растворённого  $\text{CO}_2$ . Пониженное значение рН характерно для болотных вод за счёт повышенного содержания гуминовых и других природных кислот.

В питьевой воде допускается рН 6,0–9,0; в воде водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 6,5–8,5.

Предлагаемый визуально-колориметрический метод определения рН основан на реакции водородных ионов с универсальным индикатором в водной среде. Значение рН анализируемой воды определяют по окраске пробы, визуально сравнивая её с окраской образцов на контрольной шкале. Метод также пригоден для анализа солевой почвенной вытяжки.

Диапазон определяемых значений водородного показателя — от 4,5 до 11 ед. рН. Объём пробы — 5 мл, продолжительность анализа — не более 1 мин.

Пример выполнения работы по определению рН воды и солевой почвенной вытяжки приведён в главе 7 (работа 7).

## 6.9.3 Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности

Карбонаты и гидрокарбонаты составляют основу карбонатной системы природных вод. Их содержание в воде обусловлено процессами растворения атмосферного  $\text{CO}_2$ , взаимодействия воды с находящимися в прилегающих грунтах известняками и, конечно, протекающими в воде жизненными процессами всех водных организмов. Именно карбонаты и гидрокарбонаты представляют собой компоненты, определяющие для природных вод такой показатель, как *щёлочность*. Щёлочностью считается способность взаимодействовать с водородными ионами сильной кислоты, выражаемая количеством кислоты, потребленным при титровании. Расход кислоты на титрование всех потребляющих водородные ионы анионов пропорционален их общему содержанию в воде и выражает общую щёлочность воды.

В обычных природных водах щёлочность определяется, как правило, лишь содержанием гидрокарбонатов щелочных металлов. В этом случае

---

значение  $pH < 8,3$ . Наличие растворённых карбонатов и гидроокисей повышает значение  $pH > 8,3$ . Та часть щёлочности, которая соответствует количеству кислоты, необходимой для понижения  $pH$  до 8,3, называется *свободной щёлочностью*. Количество титрованного раствора, израсходованного для достижения  $pH = 8,3$ , эквивалентно свободной щёлочности; количество, необходимое для достижения  $pH = 4,5$ , эквивалентно *общей щёлочности*. Если  $pH$  воды меньше 4,5, то её щёлочность равна нулю.

Концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов позволяют также рассчитать *карбонатную жёсткость* воды, представляющую собой суммарное содержание растворимых солей карбонатов и гидрокарбонатов. Общая щёлочность практически тождественна карбонатной жёсткости и соответствует содержанию гидрокарбонатов.

Показатели ПДК для воды водоёмов хозяйственно-питьевого назначения составляет: для гидрокарбонатов ( $HCO_3^-$ ) — 1000 мг/л, для карбонатов — ( $CO_3^{2-}$ ) — 100 мг/л.

Метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов является титриметрическим, характеризуется уменьшением количества отбираемой пробы и пригоден для анализа питьевой, природной, минеральной лечебно-столовой и т. п. вод, а также почвенных вытяжек.

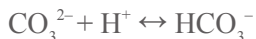
Данный метод неприменим для анализа вод, содержащих растворённый диоксид углерода (бутилированных вод), мутных вод, а также содержащих сильные основания.

Поскольку содержание карбонат- и гидрокарбонат-ионов неразрывно связано с показателем щёлочности воды, аналитическое определение данных показателей аналогично и осуществляется в едином технологическом цикле. Определение основано на реакции карбонат- и гидрокарбонат-ионов с водородными ионами в присутствии, в качестве индикаторов, фенолфталеина и смеси бромкрезолового зелёного и метилового красного. Используя эти индикаторы, удастся наблюдать две точки эквивалентности. В первой точке эквивалентности ( $pH 8,3$ ) в присутствии фенолфталеина проходит полное титрование гидроксид-ионов (если они присутствуют) и половинное (т. е. только до гидрокарбонатов) содержания карбонат-ионов. Во второй точке ( $pH 4,5$ ) заканчивается титрование карбонат-ионов, уже превратившихся в гидрокарбонаты, и происходит титрование всего количества гидрокарбонат-ионов. Соответствующее количество кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину ( $V_{\phi}$ ), эквивалентно свободной щёлочности ( $Щ_{CB}$ ); количество кислоты, израсходованное на титрование по смешанному индикатору ( $V_{CM}$ ) — общей щёлочности ( $Щ_{O}$ ). По результатам титрования определяются величины свободной и общей щёлочности воды, которые позволяют рассчитать концентрации карбонат- и гидрокарбонат-

---

ионов. Для титрования используют раствор соляной кислоты с точно известным значением концентрации — 0,05 моль/л, титрованный либо приготовленный из стандарт-титра.

Определение *карбонат-ионов* основано на реакции:



В случае присутствия в анализируемой воде гидроксил-анионов (для природных вод нехарактерно) при определении карбонатов по фенолфталеину протекает также реакция их нейтрализации:



Определение *гидрокарбонат-ионов* проводится в интервале значений pH выше 4,5 и основано на реакции:



Таким образом, при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой первоначально присутствовавшие в пробе ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  переходят в  $\text{HCO}_3^-$  (т. е. потребление кислоты — 1/2 от общего потребления на титрование карбонатов), а при титровании по смешанному индикатору — уже перешедшие в гидрокарбонаты  $\text{CO}_3^{2-}$  и изначально присутствовавшие в пробе  $\text{HCO}_3^-$ . Титрование может выполняться как параллельно в разных пробах, так и последовательно в одной и той же пробе.

Исходя из определённых в ходе анализа эквивалентных концентраций карбонат- и гидрокарбонат-ионов рассчитывается карбонатная жёсткость в единицах ммоль/л эквивалента.

Расчёт значений концентраций карбонатов и щёлочности данным методом имеет особенности, подробно изложенные в руководствах [17, 30].

При определении содержания карбонатов и гидрокарбонатов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва–вода — 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

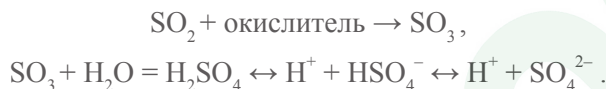
Диапазон определяемых концентраций карбонатов и гидрокарбонатов — от 30 мг/л до 1200 мг/л.

Объём пробы составляет 10 мл, продолжительность анализа — не более 10 мин.

Пример выполнения практической работы по гидрохимическому анализу воды и почвенной вытяжки на содержание карбонатов и гидрокарбонатов приведён в главе 7 (работа 8).

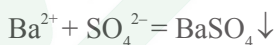
## 6.9.4 Определение сульфатов

Сульфаты являются распространёнными компонентами природных вод. Их присутствие в воде водоёмов обусловлено растворением некоторых минералов — природных сульфатов (гипса), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Последние образуются при реакциях окисления в атмосфере оксида серы (IV) до оксида серы (VI), образования серной кислоты и её нейтрализации (полной или частичной):



Наличие сульфатов в промышленных сточных водах обычно обусловлено технологическими процессами, протекающими с использованием серной кислоты (производство минеральных удобрений, химическая промышленность). Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250–400 мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешении двух вод с разным минеральным составом, например сульфатных и кальциевых (в осадок выпадает  $\text{CaSO}_4$ ).

Определение сульфат-иона осуществляется титриметрическим методом в несколько стадий. На первой стадии протекает реакция сульфат-ионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария по реакции:



Определение сульфатов выполняют в прозрачной воде (при необходимости воду фильтруют).

На следующей стадии образующийся в растворе после полного связывания сульфат-ионов (достижения точки эквивалентности) избыток ионов бария реагирует с индикатором органиловым К с образованием комплексного соединения. При этом окраска раствора изменяется от фиолетовой до голубой. Титрование проводится при  $\text{pH} = 4$ . Метод применим при концентрациях сульфат-ионов от 30 до 300 мг/л. Объём пробы 2,5 мл, продолжительность анализа — не более 20 мин.

При определении содержания сульфатов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва – вода — 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Пример выполнения работы по гидрохимическому определению сульфатов в воде и водной почвенной вытяжке приведён в главе 7 (работа 9).

## 6.9.5 Определение хлоридов

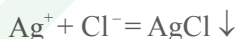
Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой и минеральной воде.

Большие количества хлоридов могут образовываться в промышленных процессах концентрирования растворов, ионного обмена, высоливания и т. д., образуя сточные воды с высоким содержанием хлорид-иона.

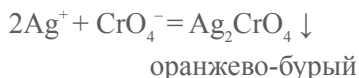
Хотя солёные воды очень коррозионноактивны по отношению к металлам, пагубно влияют на рост растений и вызывают засоление почв, высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека.

Если в воде присутствует хлорид натрия, она имеет солёный вкус уже при концентрациях свыше 250 мг/л. В случае хлоридов кальция и магния солёность воды возникает при концентрациях свыше 1000 мг/л. Именно по органолептическому показателю (вкусу) установлена ПДК по хлоридам для питьевой воды, воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, равная 350 мг/л. Для воды водоёмов рыбохозяйственного назначения ПДК хлоридов составляет 300 мг/л. Лимитирующий показатель вредности — органолептический.

Метод определения массовой концентрации хлорид-иона является титриметрическим (метод аргентометрического титрования), широко распространён и применяется для анализа питьевой и природных вод, а также очищенной сточной воды. Определение основано на титровании хлорид-ионов раствором нитрата серебра при pH 5,0–8,0, в результате чего образуется суспензия практически нерастворимого хлорида серебра. Уравнение химической реакции записывается следующим образом:



В качестве индикатора используется хромат калия, который реагирует с избытком нитрата серебра с образованием хорошо заметного оранжево-бурого осадка хромата серебра по уравнению:



Бромиды и йодиды титруются совместно с хлоридами, однако, ввиду их относительно малой концентрации в водах (обычно менее 0,5 мг/л) их вклад в результат считается незначимым.

При определении содержания хлоридов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва – вода — 1:5) и далее ана-



лизируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Диапазон измеряемых концентраций хлорид-иона — от 10 до 1200 мг/л. Объём пробы составляет от 1 до 50 мл, в зависимости от концентрации хлоридов в пробе. Продолжительность анализа — не более 10 мин.

Пример выполнения практической работы по гидрохимическому анализу воды и почвенной вытяжки на наличие и содержание хлоридов приведён в главе 7 (работы 10, 11).

### 6.9.6 Определение общей жёсткости

Общей жёсткостью считается суммарная жёсткость воды, т. е. общее содержание растворимых солей кальция и магния.

Ввиду того, что солями жёсткости являются соли разных ионов, имеющие разную молекулярную массу, концентрация солей жёсткости, или жёсткость воды, измеряется в единицах эквивалентной концентрации, т. е. количеством моль/л или ммоль/л. С 2003 г. в Российской Федерации жёсткость воды обозначается как (Ж) и выражается в градусах жёсткости (°Ж). Градус жёсткости соответствует концентрации щёлочноземельного элемента, преимущественно кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/л (ГОСТ Р 52029). Таким образом, вместо использовавшейся ранее размерности общей жёсткости ммоль/л эквивалента следует использовать °Ж, при этом численные значения величины жёсткости не изменяются.  $1\text{ }^\circ\text{Ж} = 20,04\text{ мг/л } [\text{Ca}^{2+}]$  или  $12,15\text{ мг/л } [\text{Mg}^{2+}]$ .

Допустимая величина общей жёсткости для питьевой воды и источников централизованного водоснабжения составляет не более 7 °Ж (в отдельных случаях — до 10 °Ж), лимитирующий показатель вредности — органолептический.

Метод определения общей жёсткости как суммарной массовой концентрации ионов кальция и магния является титриметрическим и пригоден для анализа питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной воды, а также водных почвенных вытяжек. Определение основано на реакции солей кальция и магния с реагентом — трилоном Б (двуназдовой солью этилендиамин-N, N, N', N'-тетрауксусной кислоты, или сокращенно ЭДТА):

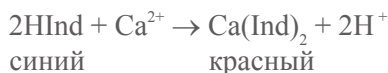


где R — радикал этилендиаминтетрауксусной кислоты —  
( $^-\text{OCCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}^-)_2$ )

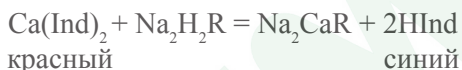
---

Анализ проводят при  $pH = 10-10,5$  титриметрическим методом в присутствии индикатора хромового тёмно-синего кислотного (кислотного хромового синего Т).

Роль индикатора в определении общей жёсткости состоит в том, что при его добавлении в анализируемую воду первоначально происходит реакция, в результате которой весь кальций и магний связываются индикатором с образованием соединения, окрашенного в красный цвет (на примере реакции с кальцием):



Далее, при титровании, по мере добавления ЭДТА образуется более прочный бесцветный комплекс с кальцием (магнием), комплекс с индикатором разрушается и высвобождается индикатор, окрашивающий раствор в синий цвет:



Аналізу не мешают катионы железа (до 10 мг/л), а также никеля, кобальта и меди (до 0,1 мг/л). При анализе загрязнённых вод возможен нечёткий переход окраски при титровании, а также обесцвечивание раствора из-за присутствия в воде некоторых примесей.

В настоящем руководстве метод определения общей жёсткости приводится в модификации капельного титрования. В данной модификации титрование проводится добавлением к пробе объединённого реагента, содержащего индикатор и ЭДТА, из калиброванной пипетки по каплям. Использование для титрования мерной склянки с разными значениями объёма (2,5; 5,0; 10 мл) позволяет охватить весь диапазон концентраций, определяемых данным методом.

Диапазон измеряемых величин общей жёсткости — от 0,5 до 10 °Ж и более. При общей жёсткости более 10 °Ж необходимо проводить разбавление пробы дистиллированной водой. Объём пробы, необходимой для анализа, составляет для указанного диапазона концентраций 10 мл, но может быть увеличен до 250 мл при анализе растворов с пониженной величиной общей жёсткости.

Пример выполнения практической работы по гидрохимическому анализу воды и почвенной вытяжки на содержание общей жёсткости приведён в главе 7 (работа 12).

---

## 6.10 Применение мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/био» при гидробиологических исследованиях

Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/био» (см. рис. 1, з) имеет состав и методическое обеспечение, позволяющее выполнять практические работы биолого-экологической направленности (см. также п. 4.7). Тематически работы ориентированы на изучение условий жизнедеятельности живых организмов и соответствующих важнейших факторов окружающей среды (см. табл. 1), что позволяет применять «Пчёлку-У/био» в ходе разнообразных полевых практик и практических работ в учебной лаборатории кружка (кабинета) биолого-экологического профиля.

Так, при исследовании состава и приоритетных загрязнений воздуха предусмотрены эксперименты по оценке содержания в воздухе углекислого газа и кислорода (участники процессов дыхания и фотосинтеза), диоксида азота (участник кругооборота азота в природе), а также аммиака (важный загрязнитель природно-антропогенного происхождения).

Для гидрохимических исследований качества воды и обнаружения модельных загрязнений в воде, в составе изделия «Пчёлка-У/био» предусмотрено использование простейших тест-систем. Те же тест-системы могут успешно использоваться при изучении почвенных факторов и антропогенных загрязнений почвы, чему способствует описание в настоящем руководстве упрощённой методики приготовления почвенных вытяжек и соответствующих инструкций по выполнению работ (см. раздел 7). Аналогичные эксперименты с применением тест-систем проводятся по исследованию (обнаружению) неизвестных удобрений, АХОВ, а также нитратов в овощах, фруктах, соках и т.п.

Однако наиболее насыщенными экспериментами в данной модификации являются гидробиологические и гидрологические исследования, традиционно составляющие основу программ полевых и лабораторных работ биолого-экологических коллективов учащихся и студентов в учреждениях основного, дополнительного и профессионального образования. Методика проведения работ по указанным направлениям подробно приведена в руководстве [10], а само изделие рассматриваемой модификации можно, в данном отношении, считать аналогом полевой ранцевой лаборатории НКВ-Р, в которой имеется специальный гидробиологический модуль (набор).

Использование методов оценки видового состава гидробионтов в водоёме предполагает использование соответствующего оборудования – специальных гидробиологических сачка (входит в состав изделия) и сети (заказывается дополнительно).

---

При гидробиологических исследованиях разнообразными методами биоиндикации бентоса проводятся следующие работы:

- отбор проб донных беспозвоночных животных (в ручье с каменистым дном, в слабопроточном водоёме с илистым дном);
- первичная обработка проб;
- идентификация донных беспозвоночных, обитающих в ручьях, с использованием краткого полевого определителя;
- расчёты биотических индексов (Вудивисса, Майера, рейтинга ручья).

Методами биоиндикации с использованием высших водных растений проводится:

- индикационная оценка качества воды;
- оценка экологического состояния реки и ручья.

С использованием наработанных результатов составляются протоколы визуальной оценки состояния водного объекта по рекомендуемой форме.

При гидрологических исследованиях предусмотрены следующие работы:

- составление программы изучения водного объекта и его водосбора;
- проведение визуальной оценки экологического состояния водного объекта (проводится на основе обнаруженных элементов визуальной оценки исследуемых водотоков);
- выбор по таблице значения различных показателей в баллах (при визуальной оценке экологического состояния ручья или реки);
- составление протокола визуальной оценки (с особенностями для ручьёв и рек с илистым или каменистым дном, а также крупной реки);
- оценка местообитаний в ручьях с каменистым, с заиленным дном по рекомендованным формам;
- визуальная оценка экологического состояния водного объекта по упрощённой методике.

В конце руководства [10] в виде отдельных приложений помещены справочные материалы. Изложенные методы позволяют выполнить комплексное описание экосистемы водного объекта и оценивать её состояние по важнейшим характеристикам, а имеющиеся в составе изделия в рассматриваемой модификации посуда, принадлежности и сачок специальный гидробиологический обеспечивают работу всем необходимым.

---

## 7 ИНСТРУКЦИИ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ



Ниже приведены описания примерных работ, которые могут составить основу практикума по экологической оценке состояния окружающей среды с использованием изделия «Пчёлка-У». Работы могут быть видоизменены с учетом целей и задач практикума, уровня подготовленности учащихся, материально-технической оснащённости и др.

Выполнение отдельных операций и описание некоторых приёмов практической работы с мини-экспресс-лабораториями подробно описаны в разделе 6 при изложении методики применения изделия.

При отсутствии особых указаний работы выполняются с использованием всех модификаций мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У».

### Работа 1

#### Определение содержания в воздухе углекислого газа

**Цель работы:** оценка качества воздуха через количественное определение содержания вредных веществ с помощью индикаторных трубок на примере углекислого газа.

**Информация.** Углекислый газ (оксид углерода (IV), диоксид углерода,  $\text{CO}_2$ ) — газ, выделяемый в воздух всеми живыми существами. Кроме того, огромные количества этого газа выбрасываются в воздух при сгорании топлива, при пожарах и т. п. Содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере непрерывно повышается в результате деятельности человека, что обуславливает, в числе других факторов, потепление климата (парниковый эффект).

Нормальное содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляет 0,03–0,04%. Диоксид углерода не оказывает токсического действия на живые организмы: растения усваивают его в процессе фотосинтеза. Однако, находясь в избыточном количестве в воздухе классной комнаты, этот газ вызывает у учащихся снижение активности на уроке, повышенную утомляемость. А при концентрации  $\text{CO}_2$  на уровне 5% уже нельзя нормально работать и появляются признаки удушья (повышение концентрации углекислого газа в данной ситуации сопровождается соответствующим снижением концентрации кислорода, израсходованного при дыхании).

Индикаторные трубки позволяют точно измерить концентрацию углекислого газа. Они находят применение при количественном санитарно-химическом и экологическом контроле. Измерив концентрацию диоксида углерода при выполнении данной практической работы, можно определить условия, при

которых можно повысить результативность занятий, а также получить представление о естественном (фоновом) содержании  $\text{CO}_2$  в атмосфере и возможности его изменения в процессе антропогенной деятельности.

## Часть I

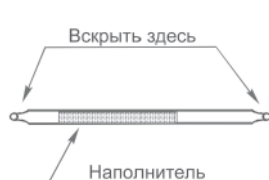
### Экспресс-анализ воздуха на содержание углекислого газа

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации, за исключением «Пчёлка-У/почва»):** аспиратор, индикаторные трубки для определения углекислого газа.

**Оборудование из кабинета:** секундомер, термометр.

#### Ход работы

Перед началом работы внимательно прочитайте инструкцию по применению индикаторных трубок и аспиратора.



#### 1.

Вскройте индикаторную трубку на  $\text{CO}_2$  с обоих концов, используя отверстие в головке аспиратора. Обратите внимание на первоначальный цвет наполнителя индикаторных трубок.



Соблюдайте осторожность при вскрытии индикаторной трубки во избежание порезов осколками стекла!

Вход воздуха

#### 2.

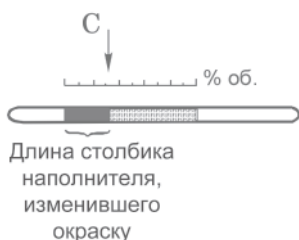
Вскрытую индикаторную трубку вставьте в уплотнительную втулку аспиратора, соблюдая направление прокачивания воздуха (указано стрелкой на поверхности индикаторной трубки).

#### 3.

Прокачайте через индикаторную трубку воздух помещения (улицы, парка) в количестве, указанном в инструкции по применению ТИ, сделав требуемое количество качаний аспиратором.



**Примечание.** Правильно определяйте момент окончания прокачивания, пользуясь сигнальным устройством аспиратора или секундомером.



**4.**

Отметьте изменение окраски и длину столбика прореагировавшего наполнителя после прокачивания. Считайте концентрацию диоксида углерода по шкале (С, % объёмн.), нанесённой на индикаторную трубку, или приложив её к соответствующей шкале внутри упаковки. При размытости границы раздела окрасок слоёв исходной и прореагировавшей индикаторной массы за результат измерения принимайте среднее значение.



**Примечание.** Индикаторные трубки для определения углекислого газа производства ЗАО «Крисмас+» имеют шкалу, отградуированную в объёмных процентах.

**5.**

Пересчитайте концентрацию  $\text{CO}_2$  из объёмных % в  $\text{мг/м}^3$  по формуле:

$$C_2 = \frac{C_1 \times M \times 10^4}{22,4},$$

где  $C_1$  — концентрация газа в объёмных %;

$C_2$  — концентрация газа в  $\text{мг/м}^3$ ;

$M$  — молярная масса углекислого газа ( $M = 44$ );

$10^4$  — коэффициент пересчёта из объёмных % в  $\text{мг/м}^3$ .

## Часть II

### Экспресс-анализ выдыхаемого воздуха на содержание углекислого газа

Выполнение данного эксперимента аналогично предыдущему, но имеет некоторые особенности, связанные с отбором пробы выдыхаемого воздуха.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации, за исключением «Пчёлка-У/почва»):** аспиратор, индикаторные трубки для определения углекислого газа, камера полиэтиленовая объёмом 3–5 л.

**Оборудование из кабинета:** секундомер, термометр.

#### Ход работы

**1.**

Приготовьте и расправьте камеру полиэтиленовую из комплекта. Осмотрите её. Камера должна быть чистой и сухой.

**2.**

Сделайте выдох в камеру, наполняя её выдыхаемым воздухом.

3.

Загерметизируйте камеру, зажав её горловину рукой.



4.

Возьмите заранее приготовленную индикаторную трубку с аспиратором, как показано в пп. 1–2 I-й части данной работы. Приоткройте камеру и быстро поместите туда индикаторную трубку вместе с частью аспиратора, после чего снова загерметизируйте, зажимая рукой, как показано на рисунке.

5.

Прокачайте необходимый по инструкции объём воздуха.



**Примечание.** Правильно определяйте момент окончания прокачивания, пользуясь сигнальным устройством аспиратора или секундомером.

### Обработка результатов и выводы



1.

Занесите результаты, полученные при выполнении частей I и II данного опыта, в таблицу по следующей форме:

Место анализа воздуха	Условия анализа		Концентрация CO <sub>2</sub>	
	Температура, °С	Атмосферное давление, мм рт. ст.	% об.	мг/м <sup>3</sup>
Улица				
Парк				
Класс (помещение)				
Выдыхаемый воздух				



2.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы о качестве воздуха.



## Работа 2

### Определение загрязнителей воздуха в выхлопных газах автомобиля

**Цель работы:** оценка содержания двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ , углекислого газа) и диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) в выхлопных газах автомобиля методом экспресс-анализа с применением индикаторных трубок.

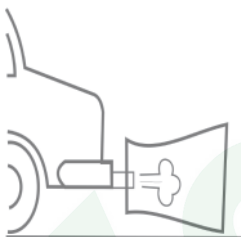
**Оборудование и принадлежности из мини-экспресс-лаборатории (все модификации, за исключением «Пчёлка-У/почва»):** аспиратор, индикаторные трубки для определения в воздухе диоксида азота и двуокиси углерода; камера полиэтиленовая объёмом 3–5 л.

#### Ход работы

Перед началом работы с индикаторными трубками и аспиратором внимательно прочитайте инструкцию по их применению.

**1.**

Приготовьте и расправьте камеру полиэтиленовую. Осмотрите её. Камера должна быть чистой и сухой.



**2.**

Наденьте камеру на 3–5 с на выхлопную трубу глушителя автомобиля с работающим двигателем, как показано на рисунке, и наполните камеру выхлопными газами.

**3.**

Герметично зажмите рукой горловину камеры.



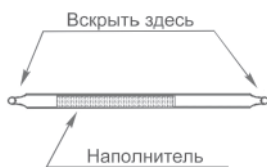
Не допускайте избыточного давления в камере во избежание её разрыва.

**4.**

Выполняйте экспресс-анализ содержимого камеры, последовательно определяя в нём  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_2$  с применением индикаторных трубок.



Анализ следует проводить на открытом воздухе, в хорошо вентилируемом помещении либо в вытяжном шкафу.



Для этого вскройте непосредственно перед анализом индикаторную трубку на  $\text{CO}_2$  или  $\text{NO}_2$  с обоих концов, используя отверстие в головке аспиратора. Обратите внимание на первоначальный цвет наполнителя индикаторных трубок.



Соблюдайте осторожность при вскрывании индикаторной трубки во избежание порезов осколками стекла!

### 5.

Вскрытую индикаторную трубку вставьте в уплотнительную втулку аспиратора, соблюдая направление прокачивания воздуха (указано стрелкой на поверхности индикаторной трубки).



### 6.

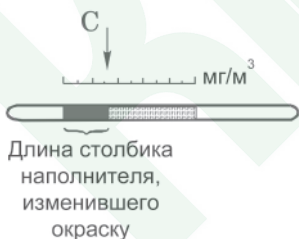
Приоткройте камеру и быстро поместите туда индикаторную трубку вместе с частью аспиратора, после чего снова загерметизируйте, зажимая рукой.

### 7.

Прокачайте через индикаторную трубку необходимый по инструкции объём воздуха, сделав требуемое количество качаний аспиратором.



**Примечание.** Правильно определяйте момент окончания прокачивания, пользуясь сигнальным устройством аспиратора или секундомером.



### 8.

Отметьте изменение окраски и длину столбика прореагировавшего наполнителя после прокачивания. Считайте концентрацию диоксида углерода или оксидов азота по шкале, нанесённой на индикаторную трубку, или приложив её к соответствующей шкале внутри упаковки. При размытости границы раздела окрасок слоёв исходной и прореагировавшей индикаторной массы за результат измерения принимайте среднее значение.



**Примечание.** Индикаторные трубки производства ЗАО «Крисмас+» имеют шкалу, отградуированную: для определения углекислого газа — в объёмных процентах (% объёмн.), оксидов азота — в миллиграммах на кубический метр ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

## 9.

Пересчитайте концентрацию  $\text{CO}_2$  или  $\text{NO}_2$  в другие единицы измерений по формуле:

$$C_1 = \frac{C_2 \times 10^{-4} \times 22,4}{M},$$

где  $C_1$  — концентрация газа в объёмных %;

$C_2$  — концентрация загрязняющего газа в  $\text{мг/м}^3$ ;

$M$  — молярная масса  $\text{CO}_2$  или  $\text{NO}_2$  ( $M = 44$  или  $46$  соответственно);

$10^{-4}$  — коэффициент пересчёта из  $\text{мг/м}^3$  в объёмные %.

## Обработка результатов и выводы



### 1.

Занесите полученные результаты в таблицу по следующей форме:

Загрязнитель	Условия анализа		Концентрация газа	
	Температура, °С	Атмосферное давление, мм рт. ст.	мг/м <sup>3</sup>	% об.
$\text{CO}_2$				
$\text{NO}_2$				



### 2.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы о содержании загрязнителей в выхлопных газах автомобиля.

## Работа 3

### Экспресс-контроль загрязнённости воздуха парами аммиака

**Цель работы:** изучение загрязнённости воздуха вредными химическими веществами.

**Информация.** Главные виновники химических загрязнений воздуха — промышленность и хозяйственная деятельность человека, связанная со сжиганием горючих материалов, нарушением технологии производства, строительства и т.п. Выполнение данной работы позволит ознакомиться с экспресс-анализом загрязнённости воздуха химическими веществами на примере аммиака. К примеру, среднегодовая концентрация этого газа в крупном городе

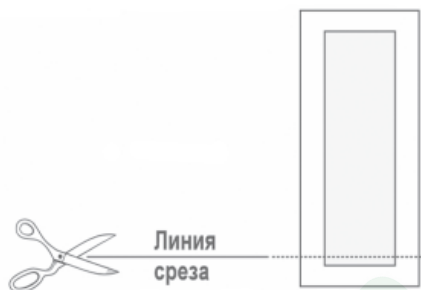
может превысить санитарную норму в 1,5 и более раза. Хроническое отравление аммиаком вызывает расстройство пищеварения, катары верхних дыхательных путей и ослабление слуха.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации, за исключением «Пчёлка-У/почва»):** камера полиэтиленовая объёмом 3–5 л, пипетка полимерная, ножницы, тест-система «Аммиак».

**Реагенты из кабинета:** аммиачная вода.

**Оборудование из кабинета:** секундомер.

### Ход работы



**1.** Подготовьте полоску тест-системы. Для этого отрежьте край полоски вместе с небольшим (не более 2 мм) участком тканевой основы.

**2.**

Поместите в камеру полиэтиленовую 1–2 капли аммиачной воды, герметично закройте её и выдержите 3–5 мин для насыщения воздуха аммиаком.



**3.**

Поместите подготовленную полоску в камеру, закрепив её на нитке или скотче, и снова загерметизируйте камеру (полоска не должна соприкасаться с каплей аммиачной воды).



**4.**

Отметьте время начала эксперимента пуском секундомера. Отметьте по секундомеру время появления синего порогового окрашивания (индикационного эффекта).

## 5.

Оцените уровень концентрации аммиака в зависимости от времени возникновения пороговой окраски по данным таблицы:

Время возникновения пороговой окраски, секунды	90	60	Менее 3
Концентрация аммиака, мг/м <sup>3</sup>	10	100	1000

**Пример.** Индикационный эффект от воздействия паров аммиака возник через 10 с с начала эксперимента. По данным таблицы, концентрация аммиака составляет от 100 до 1000 мг/м<sup>3</sup>.

### Обработка результатов и выводы



#### 1.

Занесите полученные результаты в таблицу по следующей форме:

Объём воздуха в камере, м <sup>3</sup> (приблизительно)	Количество капель водного аммиака	Время порогового срабатывания тест-системы, с	Фактическая концентрация паров аммиака, мг/м <sup>3</sup>



#### 2.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы об уровне загрязнённости воздуха аммиаком.

#### 3.

Используя данные о ПДК аммиака, ответьте на вопрос: допустима ли такая загрязнённость воздуха аммиаком?

### Работа 4

#### Приготовление модельных загрязнений воды (сточных вод) и их экспресс-анализ

**Цель работы:** изучение загрязнений воды вредными веществами и способа оценки уровня загрязнения.

**Информация.** В наше время качество воды стало проблемой, волнующей всех. К сожалению, не все вещества, которые могут растворяться в воде, полезны или хотя бы безвредны для здоровья. Высокие концентрации веществ, содержащих железо, придают воде плохой вкус и вызывают нежелательные отложения в трубах. Соединения, содержащие серу, придают воде неприятный запах. Вещества, содержащие такие элементы, как ртуть, свинец, кадмий и мышьяк, могут растворяться в воде и даже в малых концентрациях опасны для здоровья людей.

Даже солнечный свет может вызвать образование потенциально вредных веществ при освещении хлорированной воды, если она содержит некоторые примеси.

Модельные загрязнения (искусственно приготовленные образцы) воды воспроизводят сточные воды с их типичными загрязнителями.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации):** ножницы, пинцет, пробирки (по числу загрязнений), тест-системы для контроля воды и водных сред, шпатель, штатив для пробирок.

**Реагенты из мини-экспресс-лаборатории:** реагенты для приготовления модельных загрязнений воды (в зависимости от применяемой тест-системы) — гидроксид натрия, нитрат, соли железа, хромат, лимонная кислота, карбонат калия, соляная кислота, а также хлорамин Б или хлорная известь.

Также понадобится: вода дистиллированная или чистая прокипячённая.

В данной работе также может использоваться оборудование, предусмотренное при выполнении количественного гидрохимического анализа.



В ходе данной работы приведены операции с добавлением соли в воду непосредственно в опыте. Приготовление модельных растворов см. в п. 6.8.

### Ход работы



1.

Налейте в пробирку около 5 мл воды.



2.

Внесите в пробирку несколько кристаллов соли-загрязнителя.

3.

Закройте пробирку пробкой, после чего содержимое пробирки перемешайте до растворения соли.



4.

Поместите пробирку в штатив. Обратите внимание на внешний вид — цвет и мутность раствора, сравнивая его по внешнему виду с растворами в других пробирках (с другими модельными загрязнениями).

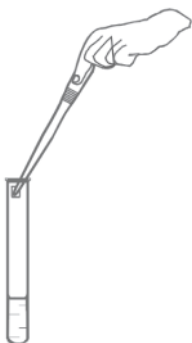




**5.**

Отрежьте ножницами кусочек индикаторной полоски — рабочий участок тест-системы размером не менее  $5 \times 5$  мм.

**Примечание.** Внимательно изучите порядок проведения тестирования на обложке тест-системы!



**6.**

Зажмите рабочий участок полоски пинцетом и опустите его в раствор.

**Примечание.** Полимерное покрытие с тест-полоски не удаляйте.

**7.**

Выдержите рабочий участок полоски в растворе в течение времени, указанного в инструкции на данную тест-систему.



**8.**

Определите концентрацию контролируемого вещества в мг/л, сравнив окраску рабочего участка тест-полоски с цветными образцами на контрольной шкале.

За результат анализа принимайте значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы (при промежуточной окраске — интервалу значений концентраций).

**Примечание.** В случае появления слишком яркой окраски рабочего участка индикаторной полоски, тестируемый раствор рекомендуется разбавить в несколько раз.

### Обработка результатов и выводы



**1.**

Занесите полученные экспериментальные данные в таблицу по следующей форме:

Вид загрязнителя	Концентрация загрязнителя в сточной воде, мг/л (ориентировочно)	Количество чистой воды для разбавления, л	Значение ПДК, мг/л



2.

Рассчитайте количество чистой воды, необходимое для разбавления загрязнённой сточной воды до допустимых норм, и внесите полученные результаты в таблицу.

Расчёт проводите с использованием справочных значений предельно допустимых концентраций.

## Работа 5

### Определение водородного показателя (рН) воды

**Цель работы:** изучение кислотности воды в водоёме как фактора, характеризующего экологическое состояние водоёма и качество воды водоисточника.

**Информация.** Кислотность воды обычно характеризуют значением водородного показателя (рН), который для природных вод обычно имеет значения от 6,5 до 8,5. Изменения рН воды водоёма или водоисточника обычно вызваны кислотными загрязнителями, попадающими в воду из воздуха, почвы, другого водоёма. Изменение рН воды сверх допустимых пределов создаёт среду, непригодную для существования большинства водных организмов, а также непригодную для хозяйственно-питьевых нужд.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** контрольная шкала образцов окраски растворов для определения рН (4,5–5,0–5,5–6,0–6,5–7,0–7,5–8,0–8,5–9,0–10,0–11,0 ед. рН), пробирки колориметрические с меткой «5 мл».

**Реактивы и материалы:** раствор универсального индикатора (во флаконе-капельнице); пробы воды для анализа.

#### Ход работы



1.

Ополосните колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой.

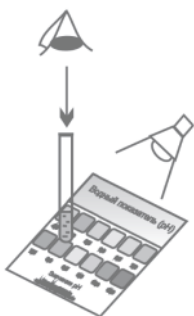
Налейте в пробирку анализируемую воду до метки «5 мл».



2.

Добавьте 3 капли (около 0,10 мл) раствора универсального индикатора и встряхните пробирку.





**3.**

Проведите визуальное колориметрирование пробы. Для этого пробирку поместите на белое поле контрольной шкалы. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение pH.

### Обработка результатов и выводы



**1.**

Занесите полученные результаты в таблицу:

№ пробы	Тип водоёма или водосточника	Условия отбора пробы (место отбора, способ отбора)	Значение pH пробы



**2.**

Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об экологическом состоянии водоёма (качестве воды источника).

## Работа 6

### Приготовление почвенной вытяжки

**Цели работы:** ознакомление с операциями приготовления почвенных вытяжек, приготовление почвенных вытяжек для их использования в дальнейших работах.

**Информация.** Химическое исследование почвы обычно проводится путём подготовки к анализу заблаговременно отобранного образца почвы и определения состава почвенных вытяжек – водной и солевой. От правильности приготовления почвенных вытяжек во многом зависят и результаты исследования почвенного образца. В водной вытяжке определяются концентрации водорастворимых солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов и гидрокарбонатов, а также солей жёсткости), а в солевой — кислотность, или значение pH вытяжки.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» (все модификации):** воронка полимерная, стакан на 100 мл, фильтр бумажный.

**Оборудование из кабинета:** весы учебные, кювета, палочка стеклянная, разновесы, стакан на 200 мл, сушильный шкаф, цилиндр мерный на 50 мл, штатив лабораторный с кольцом.

**Реагенты и материалы:** раствор хлорида калия (1,0 моль/л эквивалента), чистая вода, образец почвы.

### Подготовка к работе — приготовление раствора хлорида калия для почвенной вытяжки.

Для работы требуется не более 500 мл раствора хлорида калия с концентрацией 1 г-моль/л (1н.). 74,5 г KCl (1 г-моль) содержится в 1 литре раствора, в 500 мл – 37,25 г.

Навеску 38 г хлорида калия внести в мерную колбу на 500 мл. В колбу налить на 1/2 её объёма дистиллированную либо чистую кипячёную воду, перемешать содержимое до растворения соли, долить воду до метки, раствор снова перемешать.

### Ход работы



1.

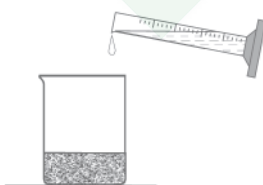
Высушите отобранный образец почвы в сушильном шкафу или на воздухе, расположив почву в кювете слоем толщиной не более 2 см.

**Примечание.** Образец почвы необходимо предварительно подготовить: отобрать инородные включения, камни и т. п. Почва для анализа должна быть рассыпчатой.



2.

Взвесьте пустой чистый стакан на 200 мл. В стакан поместите высушенную почву на 1/3 высоты и снова взвесьте его, определив массу почвы ( $m$ ) в граммах.



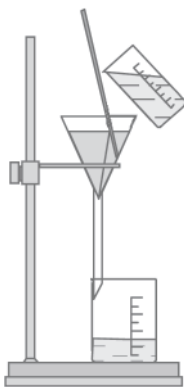
3.

Добавьте к почве раствор хлорида калия в количестве  $2,5 \times m$  в мл (5 мл раствора на 2 г почвы), приготовив тем самым солевую вытяжку. Объём раствора хлорида калия отмерьте с помощью цилиндра.



**4.**

Перемешивайте содержимое стакана в течение 3–5 мин с помощью стеклянной палочки.



**5.**

Отфильтруйте содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в нижний стакан на 100 мл, как показано на рисунке. Обратите внимание на её внешний вид (цвет, мутность). Вытяжка должна быть однородной и не содержать частиц почвы.

**Примечание.** Первые несколько миллилитров фильтрата необходимо отбросить, т. к. они собирают загрязнения с фильтра.

**6.**

Аналогично приготовьте водную вытяжку, используя вместо раствора хлорида калия чистую воду, в соотношении  $5 \times m$  (5 мл воды на 1 г почвы).

**7.**

Солевую вытяжку используйте далее для определения кислотности почвы (работа 7), а водную вытяжку — для определения сульфатов (работа 9) и хлоридов (работы 10, 11) в почвенной вытяжке, для определения общей жёсткости почвенной вытяжки (работа 12), для определения засоленности почвы (работы 14, 15).

### Обработка результатов и выводы



Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.

## Работа 7

### Определение pH почвенной вытяжки и оценка кислотности почвы

**Цель работы:** изучение экологического состояния почвы через оценку её кислотности.

**Информация.** Кислотность почвы — важный экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших

растений, а также аккумуляцию и подвижность загрязнителей в почве (в первую очередь металлов). При высокой кислотности угнетается рост и развитие многих сельскохозяйственных культур, подавляется жизнедеятельность микроорганизмов. При высокой кислотности почвы необходимо проводить её известкование. Кислотность почвы определяют, измеряя величину рН солевой вытяжки. В зависимости от величины рН почва может быть кислой, нейтральной или щелочной:

- рН = 4 и менее — сильнокислая;
- рН = 5 — кислая;
- рН = 6 — слабокислая;
- рН = 7 — нейтральная;
- рН = 8 и более — щелочная.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** оборудование для приготовления почвенной солевой вытяжки (см. работу 6), пинцет, пробирка — 2 шт., штатив для пробирок.

**Оборудование из кабинета:** штатив лабораторный с кольцом, весы учебные, разновесы.

**Реагенты и материалы:** раствор индикатора универсального (во флаконе-капельнице), готовая почвенная солевая вытяжка, бумага индикаторная универсальная, фильтр бумажный. Приготовление почвенной вытяжки см. в работе 6.

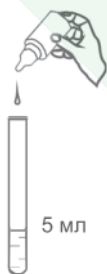
## Ход работы

### 1.

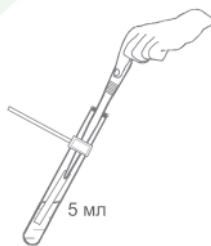
Приготовьте солевую почвенную вытяжку для двух образцов почвы, как описано в работе 6.

### 2.

Определите рН почвенной вытяжки. Для этого налейте в две пробирки до метки «5 мл» почвенную вытяжку и протестируйте каждым из способов:



а



б

а) раствором индикатора универсального, добавив в первую пробирку 3 капли раствора индикатора;

б) бумагой индикаторной универсальной, опустив конец бумажной полоски пинцетом во вторую пробирку.

### 3.

Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение pH для каждого образца почвы.

### Обработка результатов и выводы



#### 1.

По результатам определения pH каждым методом заполните таблицу:

№ пробы	Место отбора пробы	Внешний вид солевой вытяжки	pH солевой вытяжки	Оценка кислотности почвы
				(сильнокислая, кислая, слабокислая, нейтральная, щелочная — нужное отметьте)



#### 2.

Какой метод определения pH почвенной вытяжки точнее?



#### 3.

Сделайте обобщение об экологическом состоянии почвы на основе полученных результатов.

Используйте оставшуюся почвенную вытяжку для следующих работ.

### Работа 8

#### Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке

**Цель работы:** изучение карбонатов, гидрокарбонатов и щёлочности как природных показателей воды и почвы с использованием методов их количественного определения.

**Информация.** См. п. 6.9.3.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** раствор смешанного индикатора водный (во флаконе-капельнице), раствор индикатора фенолфталеина (во флаконе-капельнице), раствор соляной кислоты титрованный (0,05 моль/л экв.), пипетка стеклянная градуированная со шприцем-дозатором и соединительной трубкой, склянка с меткой «10 мл».

## ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА

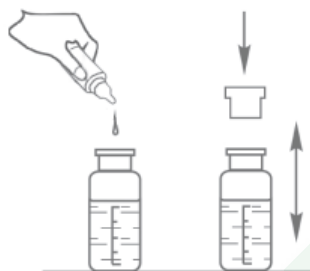
### А. Титрование карбонат-иона (определение свободной щёлочности)



1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой или почвенной вытяжкой. Налейте в склянку пробу воды или вытяжки до метки «10 мл».

**Примечание.** Для точных анализов объём пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



2.

Добавьте 3-4 капли раствора фенолфталеина из флакона-капельницы либо пользуясь полимерной пипеткой.

Раствор перемешайте.

**Примечание.** При отсутствии окрашивания раствора либо при слабо-розовом окрашивании считайте, что карбонат-ион в пробе отсутствует (рН пробы меньше 8,3).

3.

Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты до обесцвечивания, и определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину ( $V_{\phi}$ , мл).



В процессе добавления раствора соляной кислоты перемешивайте пробу круговыми покачиваниями.

Раствор после титрования карбонат-иона оставьте для дальнейшего определения в нём массовой концентрации гидрокарбонат-иона.

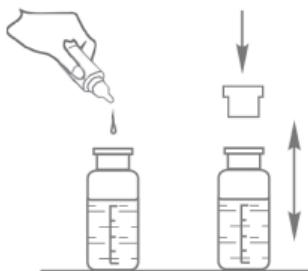
## Б. Титрование гидрокарбонат-иона (определение общей щёлочности)



4.

Налейте в склянку до метки «10 мл» пробу воды либо используйте раствор после определения карбонат-иона.

**Примечание.** Для точных анализов объём пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



5.

Добавьте 2–3 капли раствора смешанного индикатора из флакона-капельницы либо пользуясь полимерной пипеткой.

Раствор перемешайте.

6.

Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты при перемешивании, до перехода сине-зелёной окраски в серую.

В процессе добавления раствора титранта перемешивайте пробу круговыми покачиваниями.



Определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по смешанному индикатору ( $V_{CM}$ , мл). При использовании раствора после титрования карбонат-иона значением  $V_{CM}$  необходимо считать суммарный объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование карбоната и гидрокарбоната (т. е. с учетом  $V_{\phi}$ , мл).

### С. Расчёт щёлочности

Значение свободной щёлочности ( $Щ_{CB}$ ) и общей щёлочности ( $Щ_{O}$ ) в ммоль/л эквивалента рассчитайте по формулам:

$$Щ_{CB} = \frac{V_{\phi} \times C \times 1000}{V_{PP}} = V_{\phi} \times 5,$$

$$Щ_{O} = \frac{V_{CM} \times C \times 1000}{V_{PP}} = V_{CM} \times 5,$$

где  $V_{\phi}$  и  $V_{CM}$  — объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину и смешанному индикатору соответственно, мл;  
 $C$  — точная молярная концентрация раствора соляной кислоты, 0,05 моль/л;  
 $V_{PP}$  — объём пробы воды, взятой для анализа, 10 мл;  
1000 — коэффициент пересчёта единиц измерений из моль в ммоль.

**Примечание.** При определении щёлочности путём последовательного титрования одной пробы значение  $V_{CM}$  включает значение  $V_{\phi}$ .

### Д. Расчёт массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов

При расчёте массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов сначала определите соответствующие значения молярных концентраций, используя приведённые в таблице соотношения между фактическими значениями свободной ( $Щ_{CB}$ ) и общей щёлочности ( $Щ_{O}$ ).

Соотношение между свободной и общей щёлочностью	Молярная концентрация гидрокарбонатов $C_{гк}$ , ммоль/л	Молярная концентрация карбонатов $C_{к}$ , ммоль/л
$Щ_{CB} = 0$	$Щ_{O}$	0
$2Щ_{CB} < Щ_{O}$	$Щ_{O} - 2Щ_{CB}$	$Щ_{CB}$
$2Щ_{CB} = Щ_{O}$	0	$Щ_{CB}$
$2Щ_{CB} > Щ_{O}$	0	$Щ_{O} - Щ_{CB}$
$Щ_{CB} = Щ_{O}$	0	0

**Примечание.** Рекомендуемый порядок расчёта не применяйте для сильнозагрязнённых вод и (или) если в воде присутствуют мешающие вещества.



Массовую концентрацию гидрокарбонатов ( $C_{ГК\text{ масс}}$ ), мг/л и карбонатов ( $C_{К\text{ масс}}$ ), мг/л в анализируемой пробе воды рассчитывайте по формулам:

$$C_{ГК\text{ масс}} = C_{ГК} \times 61,$$

$$C_{К\text{ масс}} = C_{К} \times 60,$$

где  $C_{ГК}$  и  $C_{К}$  — молярная концентрация гидрокарбонатов и карбонатов соответственно, определённая по таблице, ммоль/л;  
61 и 60 — молярная масса эквивалента гидрокарбонат- и карбонат-иона соответственно в реакциях титрования, г/моль.

Полученные результаты округлите до целых чисел.

**Пример расчёта.** В первой пробе анализируемой воды объёмом 10 мл определили количество раствора кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину:  $V_{\phi} = 0,3$  мл. Во второй пробе той же воды определили количество кислоты, израсходованное на титрование по смешанному индикатору:  $V_{СМ} = 2,5$  мл. Рассчитываем значения свободной и общей щёлочности анализируемой воды:

$$Щ_{СВ} = 0,3 \times 5 = 1,5 \text{ ммоль/л}, \quad Щ_{О} = 2,5 \times 5 = 12,5 \text{ ммоль/л}.$$

Далее по таблице определяем для случая  $2Щ_{СВ} < Щ_{О}$ :

$$C_{ГК} = Щ_{О} - 2 \text{ } Щ_{СВ} = 9,5 \text{ ммоль/л}, \quad C_{ГК\text{ масс}} = 9,5 \times 61 = 579,5 \cong 580 \text{ мг/л}.$$

$$C_{К} = Щ_{СВ} = 1,5 \text{ ммоль/л}, \quad C_{К\text{ масс}} = 1,5 \times 60 = 90 \text{ мг/л}.$$

### ***Е. Расчёт карбонатной жёсткости***

Определите карбонатную жёсткость ( $Ж_{К}$ ) в ммоль/л эквивалента по формуле:

$$Ж_{К} = C_{К} + C_{ГК},$$

где  $C_{К}$  и  $C_{ГК}$  — молярные эквивалентные концентрации карбоната и гидрокарбоната соответственно, определённые по таблице.

Если карбонатная жёсткость окажется больше общей жёсткости, считайте её равной последней.

Для незагрязнённых поверхностных природных вод величину карбонатной жёсткости можно принимать равной величине общей щёлочности (ммоль/л эквивалента).

---

## Обработка результатов и выводы



1.

Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.



2.

Сделайте необходимые расчёты и ответьте на вопросы:

— Имеет ли проба нулевую свободную щёлочность?

— Является ли потребление кислоты при титровании по фенолфталеину равным общему потреблению кислоты при титровании?

— Проверьте результаты расчёта: сумма потребления кислоты на все три формы должна быть равна общему потреблению кислоты.

### Работа 9

#### Определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке

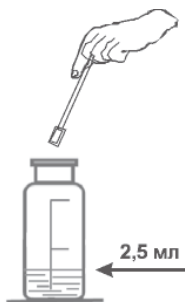
**Цель работы:** изучение сульфатов как естественных компонентов воды и почвы с использованием метода их количественного определения.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** воронка полимерная, пипетка полимерная на 2 мл (3 шт.) и 3 мл (4 шт.), пипетка стеклянная градуированная для титрования, шприц-дозатор с соединительной трубкой, склянка с меткой «2,5 мл» (2 шт.), фильтры бумажные, шпатель.

**Реагенты:** бумага индикаторная универсальная, раствор гидроксида натрия (0,1 моль/л) (во флаконе-капельнице), раствор соляной кислоты (0,1 моль/л) (во флаконе-капельнице), раствор хлорида бария (0,02 моль/л эквивалента), раствор индикатора ортанилового К в этаноле, катионит КУ-2-8 ЧС.

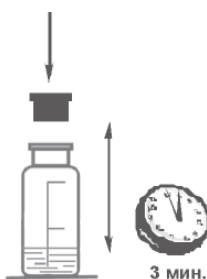
Почвенная вытяжка или пробы воды. Приготовление почвенной вытяжки см. в работе 6.

## Ход работы



**1.**

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Поместите в склянку 2,5 мл пробы воды и шпателем, внесите 0,2 г катионита (0,2 г катионита помещается на кончике шпателя).



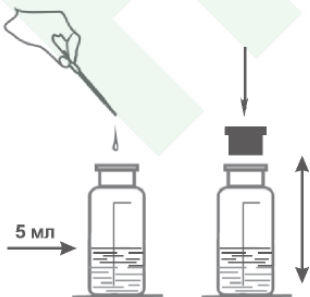
**2.**

Закройте склянку пробкой. Содержимое склянки встряхивайте в течение 3 мин.



**3.**

Доведите pH пробы по универсальной индикаторной бумаге до pH 4 растворами гидроксида натрия либо соляной кислоты, прибавляя их по каплям из флакона-капельницы либо используя пипетку полимерную (если  $\text{pH} < 4$  — используйте раствор гидроксида натрия, если  $\text{pH} > 4$  — используйте раствор соляной кислоты)..



**4.**

Добавьте в склянку с анализируемой водой раствор органилового К до метки «5 мл». Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор.



## 5.

Соедините шприц-дозатор с пипеткой для титрования. С помощью шприца наберите в пипетку для титрования раствор хлорида бария. Постепенно, по каплям титруйте содержимое склянки раствором хлорида бария до появления не исчезающей (2–3 мин) голубой окраски.

**Примечание:** для чёткого определения точки эквивалентности при титровании окраску титруемой пробы рекомендуется сравнивать с контрольной шкалой образцов окраски начала и окончания титрования.



Соблюдайте осторожность: хлорид бария токсичен!



Исходный  
объём /  $V_0$

Конечный  
объём /  $V_K$

## 6.

Определите объём раствора хлорида бария, израсходованного на титрование ( $V$ , мл):

$$V = V_0 - V_K$$

## 7.

Рассчитайте концентрацию сульфатов ( $C_c$ , мг/л) в анализируемой воде по формуле:

$$C_c = \frac{48,03 \times V \times C_B \times 1000}{V_{PP}} = 384 \times V,$$

где 48,03 — молярная масса эквивалента сульфат-иона, г/моль;

$V$  — объём раствора хлорида бария, израсходованного на титрование, мл;

$C_B$  — концентрация раствора хлорида бария, используемого для титрования, 0,02 моль/л эквивалента;

1000 — коэффициент пересчёта единиц измерений из граммов в миллиграммы;

$V_{PP}$  — объём пробы, взятой для титрования, 2,5 мл.

### Примечание.

При разбавлении пробы концентрацию сульфат-ионов рассчитывайте по формуле:

$$C_c = 384 \times V \times n,$$

где  $n$  — коэффициент разбавления.



Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.

---

## Работа 10

### Обнаружение хлоридов в модельном растворе, минеральной воде и почвенной вытяжке

**Цель работы:** изучение хлоридов как естественных компонентов воды и почвы с использованием метода их обнаружения.

#### **Информация.**

Чтобы определить, какие ионы и в каких концентрациях находятся в водных растворах, можно воспользоваться различными методами. В работах 10–13 вы будете использовать простые методы, которые позволяют проверить наличие в воде или водной вытяжке тех или иных ионов. Такие методы называются методами обнаружения. Вы будете также наблюдать за изменением окраски раствора или появлением нерастворимого осадка. В случае положительного результата вы можете быть уверены, что анализируемый ион присутствует в растворе. Однако отрицательный результат (цвет не меняется или отсутствует осадок) не обязательно означает, что тот или иной ион отсутствует в растворе. Ион может присутствовать в таком малом количестве, что изменение цвета или образование осадка останется незамеченным. Для определения ионов в таких малых концентрациях можно использовать более чувствительные методы, с которыми вы познакомитесь в других работах.

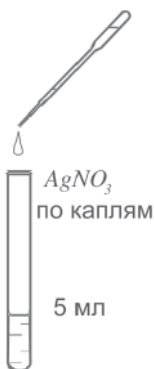
**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** пипетка полимерная, пробирки, штатив для пробирок.

**Реагенты:** раствор хлорида калия (1 н.), раствор нитрата серебра (0,05 моль/л экв.), модельный раствор хлорид-ионов, вода минеральная, почвенная вытяжка. Приготовление растворов см. в п. 6.8, почвенной вытяжки — в работе 6.

#### **Ход работы**



- 1.** Налейте в пробирку до метки «5 мл» модельный раствор хлорид-ионов.



2. Прибавляйте по каплям из флакона-капельницы либо используя пипетку полимерную раствор нитрата серебра.
3. Наблюдайте выпадение белого творожистого осадка. Если содержание хлорид-ионов незначительно, то вместо осадка наблюдается лишь помутнение раствора.
4. Исследуйте наличие хлорид-ионов в минеральной воде, водопроводной воде, почвенной вытяжке, соблюдая ту же последовательность операций, что и с модельным раствором.

### Обработка результатов и выводы



1. Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.



2. Сделайте вывод о наличии (или отсутствии) хлорид-ионов в почвенной вытяжке и воде. Напишите уравнение химической реакции образования осадка.

### Работа 11

#### Количественное определение хлоридов в воде и почвенной вытяжке

**Цель работы:** изучение хлоридов как естественных компонентов воды и почвы с использованием метода их количественного определения.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** пипетка для титрования, шприц-дозатор с соединительной трубкой, склянка с меткой «10 мл» с пробкой (2 шт.).

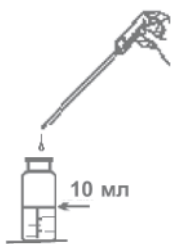
**Реагенты из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** раствор нитрата серебра (0,05 моль/л экв.) титрованный, раствор хромата калия (10%) (во флаконе-капельнице).

Почвенная водная вытяжка или пробы воды. Приготовление почвенной водной вытяжки см. в работе 6.

Объём пробы, используемой для анализа воды, выбирается по таблице в зависимости от предполагаемого уровня концентрации хлорид-иона.

Предполагаемая концентрация хлорид-иона, мг/л	Объём пробы, мл
10-50	50
50-350	10
350-700	5
700-1200	1

### Ход работы



**1.**

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку пробу воды или вытяжки в соответствии с таблицей.

В случае предполагаемой концентрации хлорид-иона свыше 350 мг/л, доведите объём пробы до метки «10 мл» дистиллированной водой.

**Примечание.** Для точных анализов объём пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



При концентрации хлорид-иона менее 50 мг/л пробу наливайте мерным цилиндром в коническую колбу на 100 мл, в которой далее проводят определение как описано ниже.

**2.**

Добавьте к пробе из флакона-капельницы 3 капли раствора хромата калия.

Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор.





### 3.

Проведите титрование пробы. Для этого соедините шприц-дозатор с градуированной пипеткой для титрования. С помощью шприца наберите в пипетку раствор нитрата серебра.

Постепенно, по каплям, при перемешивании титруйте содержимое склянки раствором нитрата серебра до появления не исчезающей оранжево-бурой окраски раствора.



Исходный  
объём

Конечный  
объём

Определите объём раствора нитрата серебра, израсходованный на титрование ( $V_{НС}$ , мл).

**Примечание.** Для чёткого определения точки эквивалентности при титровании окраску пробы рекомендуется сравнивать с окраской холостой пробы, в качестве которой используйте склянку (колбу) с таким же объёмом анализируемой воды и раствора хромата калия, без добавления раствора нитрата серебра.

### 4.

Рассчитайте концентрацию хлорид-иона ( $C_{Хл}$  мг/л) в анализируемой воде по формуле:

$$C_{Хл} = \frac{V_{НС} \times C_{НС} \times 35,5 \times 1000}{V_{ПР}} = \frac{V_{НС}}{V_{ПР}} \times 1775,$$

где  $V_{НС}$  — объём раствора нитрата серебра, израсходованного на титрование, мл;

$C_{НС}$  — молярная концентрация раствора нитрата серебра (0,05 моль/л эквивалента);

35,5 — молярная масса эквивалента хлора, г/моль;

1000 — коэффициент пересчёта единиц измерений из граммов в миллиграммы;

$V_{ПР}$  — объём воды, взятой на анализ, согласно таблице, мл.

Результат округлите до целых чисел.



### Пример расчёта.

На титрование 10 мл анализируемой воды ( $V_{\text{пр}} = 10$  мл) было израсходовано 1,2 мл нитрата серебра ( $V_{\text{НС}} = 1,2$  мл). Рассчитываем концентрацию хлорид-иона:

$$C_{\text{ХЛ}} = \frac{1,2}{10} \times 1775 = 213 \text{ мг/л},$$

Концентрация хлорид-иона составляет 213 мг/л.

### Обработка результатов и выводы



Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.

## Работа 12

### Определение и устранение жёсткости воды

**Цель работы:** исследование жёсткости воды, изучение способов её устранения.

#### **Информация.**

Качество природной воды в значительной степени определяется концентрацией растворённых в ней минеральных солей. Жёсткость воды — одно из важнейших свойств, имеющее большое значение при водопользовании. Если в воде находятся ионы металлов, образующие с мылом нерастворимые соли жирных кислот, то в такой воде затрудняется образование пены при стирке белья или мытье рук, в результате чего возникает ощущение жёсткости. К солям жёсткости относятся, главным образом, соли кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

Жёсткость, обусловленная присутствием в воде гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ), называется временной, или карбонатной. Она устраняется при кипячении воды (точнее, при температуре более  $60^\circ\text{C}$ ):



Жёсткость, обусловленная присутствием хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) или сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), называется постоянной, или некарбонатной. Она устраняется добавлением соды, фосфата натрия и других химикатов.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (модификации «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почв»):** пипетка полимерная, пробирки — 3 шт., столик для сухого горючего, сухое горючее, штатив для пробирок.

**Оборудование из кабинета:** держатель для пробирок, мыло техническое, спички.

**Реагенты и материалы:** модельные растворы воды: а) с постоянной жёсткостью; б) с временной жёсткостью; раствор соды, раствор мыла. Приготовление растворов см. в п. 6.8.

## Ход работы

### А. Устранение временной жёсткости

#### 1.

Налейте до метки «5 мл» воду с временной жёсткостью и добавьте полимерной пипеткой 1 мл раствора мыла в пробирку. Объясните наблюдаемое.



#### 2.

Налейте во вторую пробирку до метки «5 мл» воду с временной жёсткостью и доведите воду до кипения, используя горящую таблетку сухого горючего на специальном столике.

**Примечание.** В случае образования осадка после кипячения дайте ему отстояться, а раствор перелейте в другую пробирку и продолжайте с ним работать.





Добавьте 1 мл раствора мыла. Объясните наблюдаемое и напишите уравнение реакции.

### *Б. Устранение постоянной жёсткости*



**1.**

Налейте в пробирку до метки «5 мл» воду с постоянной жёсткостью и добавьте 1 мл раствора мыла. Объясните наблюдаемое.



**2.**

Добавьте в ту же пробирку 2–3 мл раствора соды и встряхните пробирку. Объясните наблюдаемое и напишите уравнение реакции.

---

## *В. Определение и устранение жёсткости воды*

**1.**

В выданных 2-х пробирках под номерами 1 и 2 находится вода с временной и постоянной жёсткостью.



Определите, какая вода находится в каждой пробирке, и устраните жёсткость.

**2.**

Проведите исследование с помощью раствора мыла: водопроводной воды, минеральной воды, воды колодца, родника, озера и т. п.

### **Обработка результатов и выводы**



Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.

## **Работа 13**

### **Количественное определение общей жёсткости в воде и почвенной вытяжке**

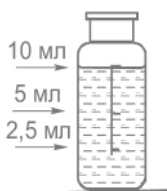
**Цель работы:** изучение общей жёсткости как естественного компонента воды и почвы с использованием метода количественного определения.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** склянка с метками «2,5 мл», «5 мл», «10 мл».

**Реагенты из мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У/хим», «Пчёлка-У/почва»:** раствор титранта (во флаконе-капельнице).

Пробы воды или почвенной вытяжки. Приготовление почвенной вытяжки см. в работе 6.

## Ход работы



### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку до метки определённый объём пробы воды, в зависимости от предполагаемой жёсткости:

- для мягкой воды (1,5–3,0 °Ж) — до метки «10 мл»;
- для воды средней жёсткости (3,0–6,0 °Ж) и жёсткой (6,0–10,0 °Ж) — до метки «5 мл»;
- для очень жёсткой воды (более 10,0 °Ж) — до метки «2,5 мл».

**Примечание.** При анализе водных растворов с величиной общей жёсткости менее 0,5 °Ж и более 10 °Ж рекомендуется отбирать анализируемую пробу в количестве, обратно пропорциональном величине общей жёсткости, но не более 20 мл. В данном случае пробы отбирайте с помощью пипетки (менее 2,5 мл) или мерного цилиндра (более 10 мл).



### 2.

Расположите склянку с раствором на белом фоне при достаточной освещенности. Добавляйте к пробе из флакона-капельницы раствор титранта, считая капли.

*Обратите внимание: цвет раствора после добавления первых капель титранта — розовый (окраска образца «Начало титрования»).*

### 3.

Продолжайте добавлять раствор титранта по каплям, непрерывно перемешивая содержимое склянки и сравнивая окраску раствора с контрольной шкалой, до изменения цвета раствора от розового до сиренево-синего. Вблизи точки эквивалентности, после добавления очередной капли, наблюдайте за окраской раствора не менее 10–20 сек. (окраска образца «Окончание титрования»).

Для уточнения количества капель раствора титранта, израсходованных на титрование (N), анализ рекомендуется повторить, при этом для анализа отбирайте пробы в объёме согласно меткам на мерной склянке (см. п. 1. данного определения).

#### 4.

Рассчитайте величину общей жёсткости воды в пробе  $C_{ож}$  в °Ж (ммоль/л эквивалента) в зависимости от объёма пробы ( $V_{пр}$ ) и количества капель израсходованного раствора титранта (N), используя данные таблицы.

##### Данные для расчёта общей жёсткости

Объём пробы $V_{пр}$ , мл	Расчётная формула для определения $C_{ож}$ в °Ж
2,5	$2 \times N$
5,0	$1 \times N$
10,0	$0,5 \times N$

**Примечание.** Данные в таблице приведены из условия, что 1 капля раствора титранта эквивалентна 1 °Ж при титровании пробы объёмом 5 мл.

**Пример.** При определении общей жёсткости лечебно-минеральной воды на титрование пробы объёмом 2,5 мл израсходовано 7 капель раствора титранта. Значение общей жёсткости воды рассчитываем по таблице как:

$$C_{ож} = 2 \times N = 2,0 \times 7 = 14 \text{ °Ж.}$$

#### Обработка результатов и выводы



Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.

### Работа 14

#### Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки

**Цель работы:** изучение засоленности почвы количественным методом.

**Информация.** Засоленность почвы характеризуется повышенным содержанием легкорастворимых минеральных солей, что неблагоприятно сказывается на физических и химических свойствах почвы и создаёт неблагоприятные условия для развития и роста многих растений. Сильнозасоленные почвы обычно непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур. У расте-

---

ний, произрастающих на засоленных почвах, задерживаются набухание семян, цветение, рост, снижается урожайность. При больших концентрациях солей наступает гибель растений. Наиболее вредное влияние оказывают карбонаты, хлориды и сульфаты натрия и калия.

**Оборудование:** оборудование для приготовления почвенной водной вытяжки либо готовая почвенная водная вытяжка.

### **Ход работы**

#### **1.**

Приготовьте почвенную водную вытяжку, как описано в работе 6.

#### **2.**

Определите концентрации в почвенной вытяжке в мг/л:

- а) карбонатов и гидрокарбонатов — как описано в работе 8;
- б) сульфатов — как описано в работе 9;
- в) хлоридов — как описано в работе 11.

#### **3.**

Умножьте каждое полученное значение концентрации в вытяжке на коэффициент  $5 \times 10^{-4}$ , получив тем самым массовую долю соответствующей соли в почвенном образце в %\*.

### **Обработка результатов и выводы**

#### **1.**

Занесите результаты химического анализа вытяжек в таблицу по приведённой ниже форме.

---

\* Значение коэффициента  $5 \times 10^{-4}$  определяется величиной коэффициента отношения воды к почве (5:1) и коэффициента перевода единиц измерения из мг/л (в вытяжке) в массовые проценты (в сухой почве).

Результаты	Содержание соли и соответствующий тип засоленности почвы		
	Хлориды	Сульфаты	Гидрокарбонаты
Концентрация в вытяжке, мг/л			
Массовая доля в сухой почве, %			
Тип засоления	Хлоридное; хлоридно-сульфатное; содовое; смешанное (нужное отметить)		
Степень засоленности почвы	Незасоленная; слабозасоленная; среднезасоленная; сильнозасоленная; солончак (нужное отметить)		

2.

Сопоставьте полученные результаты с данными таблицы 13.



3.

Определите тип и степень засоленности почвы, заполнив соответствующие графы таблицы.



4.

Сделайте выводы об экологическом состоянии почвы по результатам определения степени засоленности.

## Работа 15

### Определение засоленности почвы по солевому остатку

**Цель работы:** изучение засоленности почвы простейшим методом.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации):** лупа, пипетка полимерная, стекло предметное, фильтр бумажный.

**Оборудование из кабинета:** спиртовка, штатив лабораторный с кольцом и огнезащитной прокладкой.

**Материалы:** водная вытяжка из образцов почвы, отобранных в разных местах. Приготовление почвенной вытяжки см. в работе 6.



## Ход работы



- 1.** Нанесите 1 каплю почвенной водной вытяжки на предметное стекло с помощью полимерной пипетки.



- 2.** Осторожно нагревайте предметное стекло до испарения влаги, не допуская перегрева стекла во избежание его растрескивания.



- 3.** Рассмотрите сухой солевой остаток на стекле невооружённым глазом и в лупу.

- 4.** Повторите эксперимент на вытяжке из почвы, отобранной из другого места.

- 5.** Зарисуйте наблюдаемый солевой остаток в каждом случае.

## Обработка результатов и выводы



- 1.** Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради.



- 2.** О чём свидетельствует наличие солевого остатка на стекле?



- 3.** На основе сопоставления вида солевых остатков сделайте вывод о сравнительном количестве растворимых солей в почве, отобранной из разных мест.

## Работа 16

### Определение органического вещества в почве

**Цель работы:** изучение богатства почвы органическим веществом.

**Информация.** Почва, или верхний поверхностный слой земной коры, формируется под воздействием различных факторов: почвообразующей породы, климата, жизнедеятельности растительных и животных организмов, антропогенных процессов и др. Характерным свойством почвы, отличающим её от различных грунтов и пород, является плодородие. Одним из необходимых условий плодородия почвы является содержание в ней органического вещества или гумуса. Не случайно почвы, содержащие много гумуса, называют богатыми. Источником формирования органического вещества в почве являются растительные остатки и, в меньшей степени, остатки микрофауны и макрофауны. Состав и содержание органического вещества в почве изменяются в процессе почвообразования. Простейший способ, с помощью которого можно определить примерное содержание в почве органического вещества, основан на его относительной лёгкости. В отличие от минеральных частиц, которые тонут при погружении образца почвы в воду, частицы органического вещества всплывают к поверхности, приводя к расслаиванию взвеси.

**Оборудование из мини-экспресс-лабораторий:** шпатель.

**Оборудование из кабинета:** лабораторный стакан либо стеклянная банка объёмом 1 л, вода чистая, линейка.

**Материалы:** образцы почвы из разных мест.

#### Ход работы

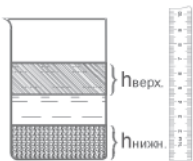


- 1.** В сосуд (стакан, банку) поместите образец почвы объёмом около 0,3 л. Залейте его водой и доведите уровень воды в сосуде до объёма примерно 1 л.



- 2.** Содержимое сосуда перемешайте для смачивания почвы и выхода пузырьков воздуха.

**Примечание.** При необходимости добавьте воду к взвеси, доведя объём до 1 л.



**3.**

Дождитесь расслоения взвеси, после чего измерьте линейкой значения высоты слоёв отстоявшейся и всплывшей почвы линейкой.

**4.**

Выполните подобный эксперимент с каждым подготовленным почвенным образцом.

### Обработка результатов и выводы



**1.**

Опишите наблюдаемое в тетради. Объясните, почему часть почвы всплыла, а другая часть опустилась на дно сосуда в виде осадка.



**2.**

Результаты измерений высоты слоев почвы для каждого испытанного образца занесите в таблицу. Рассчитайте величину

$$\frac{h_{\text{верх}}}{h_{\text{нижн}}}$$

№ пробы	Высота слоя почвы в сосуде, мм		$\frac{h_{\text{верх}}}{h_{\text{нижн}}}$
	Верхнего слоя ( $h_{\text{верх}}$ )	Нижнего слоя ( $h_{\text{нижн}}$ )	



**3.**

Сопоставьте данные таблицы и сделайте вывод об относительном богатстве испытанных образцов почвы органическим веществом.

---

## Работа 17

### Оценка качества продуктов питания по содержанию в них нитратов

**Цели работы:** оценка качества продуктов питания и формирование навыков рационального потребления продуктов на основе сведений о содержании в них нитратов.

**Информация.** Проблема оценки загрязнённости продуктов питания химическими веществами имеет непосредственное отношение к качеству продуктов питания — овощей, фруктов, соков, бутилированной воды. Содержание нитратов в продуктах питания стало одним из важных показателей их качества, прежде всего, благодаря развитию знаний о причинах онкологических заболеваний.

Нитраты являются естественным компонентом почвы. Они, в виде различных соединений, также вносятся в почву в качестве удобрения при выращивании сельскохозяйственной продукции. Нитрат-анион очень подвижен в естественных условиях, так как нитраты хорошо растворимы в воде и не связываются частицами почвы. Загрязнение почв и поверхностных вод нитратами обусловлено не столько естественными процессами их образования и миграции, сколько бесконтрольным использованием азотных удобрений (в основном нитратных) в сельском хозяйстве.

Сами по себе нитраты относительно малотоксичны, однако в организме человека, в результате биохимических реакций, они превращаются в нитриты. Нитриты, или соли азотистой кислоты ( $\text{HNO}_2$ ), токсичнее нитратов в 450 раз. Существует ориентировочная величина предельно допустимого суточного потребления нитратов человеком — 5 мг на 1 кг веса. Даже если продукт содержит в себе допустимую концентрацию нитратов, его неумеренное употребление может нанести вред организму. Зная концентрацию нитратов в продукте питания и количество продукта, употреблённое в пищу в течение дня, можно рассчитать потреблённое количество нитратов. Измерив концентрацию нитратов в продуктах питания, можно не только определить их пригодность для питания, но и оценить допустимые количества потребления.

Данную работу рекомендуется проводить по группам, причём каждая группа оценивает один вид продуктов.

**Оборудование из мини-экспресс-лаборатории (все модификации):** ножницы, пинцет, тест-система «Нитрат-тест».

**Образцы для тестирования:** бахчевые культуры (арбуз, дыня, тыква); зелень (укроп, лук зелёный, петрушка и др.); минеральная или питьевая вода, соки; овощи (огурцы, капуста, редис и др.); фрукты (яблоки, груши, бананы, и др.).

## Ход работы



**1.**

Подготовьте к тестированию овощи, фрукты и зелень, надрезав их. Опишите внешний вид каждого из продуктов, отметив свежесть, яркость окраски, наличие пятен, плесени. По возможности определите вкус и привкус (сладкий, кислый, горький, пресный и т. п.).

Нарежьте объект кусочками так, чтобы выступил сок.



**2.**

Отрежьте ножницами рабочий участок тест-полоски размером  $5 \times 5$  мм.

**Примечание.** Не отрезайте слишком большой кусочек полоски, иначе анализы с помощью тест-системы можно будет сделать намного меньше!



**3.**

Зажав отрезанный участок полоски пинцетом, смочите его выделившимся соком плода либо окуните в тестируемый сок.



**4.**

Выдержите смоченный участок тест-полоски на воздухе в течение 3 мин.

Концентрация мг/г



**5.**

Сравните полученную окраску участка тест-полоски с цветными образцами индикационного эффекта на контрольной шкале и определите концентрацию нитратов.

За результат анализа принимайте значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы (при промежуточной окраске — интервалу значений концентраций).

## Обработка результатов и выводы

### 1.

Результаты наблюдений запишите в таблицу:

Наименование продукта	Предельно допустимое содержание нитратов, мг/кг	Фактическое содержание нитратов, мг/кг
1 Арбуз	60	
2 Зелёные культуры	2000	
3 Капуста белокочанная ранняя	900	
4 Капуста белокочанная поздняя	500	
5 Огурцы	150	
6 Яблоки	60	
7 Питьевая вода	45	

### 2.

Сделайте вывод о пригодности исследуемых продуктов для питания и рассчитайте, зная свой вес, количество продукта, который вы лично могли бы безопасно употребить в пищу.



### 3.

Ответьте на вопросы:

- Каковы причины повышенного содержания нитратов в продуктах питания?
- Как влияет повышенное содержание нитратов на организм человека?
- Как можно уменьшить содержание нитратов в потребляемых продуктах?

## Работа 18

### Изучение запылённости пришкольной территории

**Цель работы:** изучение запылённости как фактора опасности для жизнедеятельности.

**Информация.** Зелёные насаждения выполняют самые различные функции, важнейшими из которых являются оздоровление воздушного бассейна города и улучшение микроклимата.

В литературе приводятся следующие данные, характеризующие способность зелёных насаждений оздоравливать воздушную среду. Так, один гектар леса в течение года отчищает от пыли и многих вредных примесей более

18 млн м<sup>3</sup> воздуха; деревья и кустарники, произрастающие на площади 1 га, улавливают за сезон до 60 т пыли. Очищая от пыли воздух, деревья и кустарники собирают её, главным образом, на своих листьях. Поэтому изучение содержания пыли на листе из различных мест может дать ценную информацию о чистоте воздушной среды и её безопасности для жизнедеятельности человека.

В данной работе получается сравнительная информация о запылённости зелёных насаждений на пришкольной территории. Используется свойство липкой прозрачной ленты «скотч» собирать на себя частички пылевых загрязнений, в результате чего они становятся хорошо различимыми. Для характеристики сравнительной запылённости каждый может воспользоваться собственной шкалой относительных единиц — баллов. Например, запылённость можно характеризовать, как указано в нижеприведённой таблице.

Внешнее проявление запылённости при наблюдении прозрачной липкой ленты	Степень запылённости	Балл
Едва заметное наличие пылевых частиц на прозрачной ленте	Незначительная	1 балл
Заметное наличие пылевых частиц	Малая	2 балла
Хорошо заметные скопления пылевых частиц, различимые даже при беглом взгляде, но не ухудшающие прозрачность ленты	Средняя	3 балла
Большое количество пылевых скоплений на липком слое, ухудшающее прозрачность ленты	Высокая	4 балла
Очень большое количество пылевых скоплений, делающее ленту непрозрачной	Очень высокая	5 баллов

**Материалы:** лента прозрачная с липким слоем (скотч), листы писчей бумаги.

### Ход работы

#### 1.

Соберите листья с деревьев в разных участках пришкольной территории (у дороги, у жилых домов, в глубине зелёной зоны) и, по возможности, на разной высоте, записав место произрастания и высоту нахождения листа.

**2.**

Приложите к поверхности листьев клейкую ленту (скотч).

**3.**

Снимите плёнку с листьев вместе со слоем пыли и приклейте её на лист белой бумаги, подписав место произрастания растения, высоту нахождения листа.

**4.**

Оцените степень запылённости по пятибалльной шкале:

Степень запылённости	Балл
Очень высокая	5
Высокая	4
Средняя	3
Малая	2
Незначительная	1

### Обработка результатов и выводы

**1.**

По результатам наблюдений заполните таблицу:

Место	Высота от поверхности почвы	Степень запылённости
У автомагистрали		
Жилая зона		



**2.**

Сделайте вывод о сравнительной степени и причинах запылённости пришкольной территории.



---

## 8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Беккер А.М. Изучаем экологию — экспериментально (практикум по экологической оценке состояния окружающей среды). — СПб.: Изд-во СПГУПМ, 1993. — 90 с.
2. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г. Практикум по экологии: Учебное пособие / Под ред. Алексеева С.В. — М.: АО МДС, 1996. — 192 с.
3. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г. Экологический центр в образовательной системе школы. — СПб.: Изд-во «Крисмас+», 1996. — 120 с.
4. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие: В 2 ч. — М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. — 208 с.
5. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг / Под ред. Ашихминой Т.Я. — М.: «Агар», 2000. — 388 с.
6. Гельгор В. Еще раз о злополучных солях — нитратах и нитритах // Химия и жизнь. — 1998. — № 8. — С. 50–51.
7. Данченко С.П. Диссертация на соискание ученой степени к.п.н. Практикум в курсе «Основы безопасности жизнедеятельности» как условие адаптации учащихся к экстремальным ситуациям. — СПб, 2004. — 185 с.
8. Данченко С.П., Муравьев А.Г. Основы безопасности жизнедеятельности. Практикум по обнаружению и оценке факторов радиационной и химической опасности /. — СПб.: «Крисмас+», 2018. — 144 с.
9. Индикаторные трубки и газоопределители / Под ред. А.Г. Муравьева. — СПб.: Крисмас+, 2005. — 176 с.
10. Исследование экологического состояния водных объектов: Руководство по применению ранцевой полевой лаборатории НКВ-Р / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. — Изд. 2-е, перераб. — СПб.: «Крисмас+», 2017. — 256 с.
11. Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программа. Методики. Оснащение: Учебно-методическое пособие / Под ред. проф. Л.А. Коробейниковой. 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Крисмас+, 2002. — 268 с.
12. Контрольные измерительные материалы (учебно-методические пособия) (Серия «Окружающая среда: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки»):
  - Воздушная среда: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки: учебно-методическое пособие / Е.К. Орликова — СПб.: Изд-во ЗАО «Крисмас+», 2018. — 28 с.
  - Вода и водные объекты: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки: учебно-методическое пособие / Е.К. Орликова — СПб.: Изд-во ЗАО «Крисмас+», 2018. — 56 с.
  - Почва: показатели экологического состояния и инструментальные методы их оценки: учебно-методическое пособие / Е.К. Орликова. — СПб.: Изд-во ЗАО «Крисмас+», 2018. — 44 с.
13. Основы безопасности жизнедеятельности: факторы радиационной и химической опасности и инструментальные методы их оценки: учебно-методическое пособие / Е.К. Орликова — СПб.: Изд-во ЗАО «Крисмас+», 2018. — 28 с.
14. Продукты питания: показатели доброкачественности и инструментальные методы их оценки: учебно-методическое пособие / Е.К. Орликова, И.А. Филаткина — СПб.: Изд-во ЗАО «Крисмас+», 2018. — 28 с.
13. Кузнецов И.Е., Троицкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий. — М.: Химия, 1979. — 340 с.

- 
14. Мельник А.А. Заочное тестирование в рамках VII конкурса исследовательских работ школьников «Инструментальные исследования окружающей среды»: Задания, ответы, комментарии, участники и победители. — СПб.: Крисмас+, 2013. — 208 с.
15. Мельник А.А. Контрольные измерительные материалы по оценке факторов экологического состояния окружающей среды и теоретическим вопросам в области экологии: Сборник заданий и ответов / Общ. ред. Муравьев А.Г. — СПб.: Крисмас+, 2013. — 152 с.
16. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса: Учебно-методическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Крисмас+, 2000. — 118 с.
17. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. Издание 3-е. — СПб.: «Крисмас+», 2004. — 248 с.
18. Муравьев А.Г., Алексеев С.В. Учебное моделирование химических загрязнений воздушной среды / Методические рекомендации для учителей. — СПб.: Крисмас+, 1995. — 35 с.
19. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / Под ред. А.Г. Муравьева. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — СПб.: «Крисмас+», 2015. — 208 с.
20. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. — Изд. 5-е, перераб. и дополн. — СПб.: Крисмас+, 2017. — 176 с.
21. Назаренко В.М. Экологизированный курс химии: от темы к теме // Химия в школе. — 1995. — № 2. — С. 29; 1996. — № 2. — С. 31.
22. Назарова Т.Н., Лаврова В.Н. Использование учебного оборудования на практических занятиях по химии. — М.: ВЛАДОС, 2000. — 96 с.
23. Назарова Т.С., Грабецкий А.А., Лаврова В.Н. Химический эксперимент в школе. — М.: Просвещение, 1987. — 240 с.
24. Назарова Т.С., Лаврова В.Н. Карты-инструкции для практических занятий по химии: 8–11 кл. — М.: Гуманитарный изд. центр ВЛАДОС, 2000. — 96 с.
25. Орлова И.А., Мельник А.А. Конкурс школьных исследовательских работ «Инструментальные исследования окружающей среды». Методические рекомендации. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб., 2010. — 74 с.
26. Основы безопасности жизнедеятельности. Методы и средства оценки факторов радиационной и химической опасности. 8–11 кл.: методическое пособие. — Под ред. А.Г. Муравьева. — М.: Дрофа, 2007. — 140 с., ил. (серия «Библиотечка учителя»).
27. Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: Учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга / Изд. 2-е, перераб. и дополн. — Под ред. д.б.н. В.В. Скворцова. — СПб.: Крисмас+, 2006. — 176 с.
28. Программно-методические материалы: Экология. 5–11 кл. / Сост. В.Н. Кузнецов. — М.: Дрофа, 1998. — 160 с.
29. Радов А.С. и др. Практикум по агрохимии. — М.: Колос, 1971. — 335 с.
30. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. — Изд. 2-е, перераб. и дополн. — СПб.: «Крисмас+», 2012. — 264 с.
31. Руководство по санитарно-пищевому анализу с применением тестовых средств / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. — Изд. 4-е, перераб. и дополн. — СПб.: «Крисмас+», 2019. — 144 с.
32. Ручной насос-пробоотборник «НП-3М». Руководство по эксплуатации и паспорт. — СПб.: «Крисмас+», 2012.
-

- 
33. Санитарно-гигиенические методы исследования продуктов и воды: Справочное пособие / Под ред. Г.С. Яцулы. — Киев: Здоровье, 1991. — 286 с.
34. СанПиН 42-123-4619-88. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения и методы их определения.
35. Северюхина Т.В. Старые опыты с новым содержанием // Химия в школе. — 1999. — № 2. — С. 40–44.
36. Семёнов А.С. О безопасности демонстрационного химического эксперимента // Химия в школе. — 1989. — № 7.
37. Сентемов В.В., Перевощикова В.П. Исследовательский экологический практикум // Химия в школе. — 1999. — № 3. — С. 62–64.
38. Снакин В.В. и др. Экологический мониторинг: Методическое пособие для учителей средних учебных учреждений. — М.: РЭФИА, 1995. — 92 с.
39. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде. — Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1988. — 316 с.
40. Средства оснащения современного экологического практикума: Каталог-справочник / Под ред. А.Г. Муравьёва. — СПб.: Крисмас+, 2000.
41. Тенсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. — М.: Мир, 1982. — 280 с.
42. Химический анализ почв. Руководство по применению почвенных лабораторий и тест-комплектов / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьёва. Изд. 3-е, перераб. и дополн. — СПб.: «Крисмас+», 2015 — 136 с., ил.
43. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник. — М.: Агропромиздат, 1991. — 303 с.
44. Худoley В.В., Мизгирев И.В. Экологически опасные факторы.— СПб.: «Банк Петровский», 1996.—186 с.
45. Экологический практикум. Программа элективного курса для учащихся 9–11 классов / Сост. Муравьёв А.Г., Мельник А.А. — Изд. 2-е, дополн. — СПб.: Крисмас+, 2019. — 40 с.
46. Экология: учебные программы для начальной и средней профессиональной школы: Учебное пособие / Н.М. Александрова, И.Э. Вилкова, Г.И. Логунова; Под ред. Н.М. Александровой. — СПб.: Ин-т профтехобразования РАО, 1999. — 195 с.
47. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская и др. — Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. — 304 с.
48. Юный химик, или занимательные опыты с веществами вокруг нас. Иллюстрированное пособие для школьников, изучающих естествознание, химию, экологию. — Издание 3-е, перераб. и доп. — СПб.: Крисмас+, 2014. — 136 с.
49. Филаткина И.А., Муравьёв А.Г., Кузнецов С.М. и др. Руководство по санитарно-пищевому анализу с применением тестовых средств / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьёва. — Изд. 3-е, перераб. — СПб.: «Крисмас+», 2018. — 144 с.
50. Филимонова Е.Н., Кожина О.А., Филаткина И.А., Мельник А.А., Муравьёв А.Г. Санитарно-пищевая мини-экспресс- лаборатория учебная СПЭЛ-У: Методические рекомендации для учителя. — Изд. 4-е, перераб. и дополн. — СПб.: Крисмас+, 2018. — 60 с.
51. Путеводитель по выбору оборудования для экологического практикума и учебно-исследовательской работы: химия, экология, биология, география и др. (мультимедийное пособие на интернет-сайте <http://www.christmas-plus.ru/images/stories/pdf/html.zip> (для просмотра необходим архиватор zip)).

## 9 Сведения о размещении интерактивных информационно-обучающих материалов к мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификациям в сети Интернет

Данный материал содержит ссылки на информационно-обучающие интернет-ресурсы, иллюстрирующие применение мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У» и её модификаций (далее — изделий) в учебной работе. Ссылочные материалы содержат общее описание технологий работы с входящими в изделия индикаторными средствами, а также описания некоторых типичных практических и проектных работ экологической направленности, выполнявшихся учащимися разных образовательных учреждений Российской Федерации с применением мини-экспресс-лабораторий «Пчёлка-У» разных модификаций.

<b>Интернет-ресурсы ЗАО «Крисмас+» по тематике учебно-исследовательской работы и экологического практикума</b>	
ЗАО «Крисмас+»	<a href="http://www.christmas-plus.ru/">http://www.christmas-plus.ru/</a>
Учебный центр ЗАО «Крисмас+»	<a href="http://u-center.info/">http://u-center.info/</a>
Конкурс «Инструментальные исследования окружающей среды»	<a href="http://www.eco-konkurs.ru/">http://www.eco-konkurs.ru/</a>
Эколого-аналитический информационный центр «Союз»	<a href="http://www.center-souz.ru/">http://www.center-souz.ru/</a>
<b>Общее описание с презентацией мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У»</b>	<a href="http://u-center.info/video/prezent-pchelka-u">http://u-center.info/video/prezent-pchelka-u</a>
<b>Учебные исследования атмосферного воздуха</b>	
Технология работы с индикаторными трубками и аспиратором, входящими в состав изделий	<a href="http://u-center.info/technology-work/technol-nasos-it">http://u-center.info/technology-work/technol-nasos-it</a>
Технология работы с тест-системами для исследования воздуха	<a href="http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem">http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem</a>
Исследовательские работы учащихся	<a href="http://u-center.info/libraryschoolboy/researchair">http://u-center.info/libraryschoolboy/researchair</a>
Библиотека методических материалов преподавателя	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/metodikair">http://u-center.info/libraryteacher/metodikair</a>

<b>Учебные исследования воды и водоёмов</b>	
Технология работы с тест-системами для исследования воды, входящими в состав изделий	<a href="http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem">http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem</a>
Гидрохимические исследования с применением модификаций «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» проводятся аналогично тест-комплектam. Технология работы с тест-комплектam	<a href="http://u-center.info/technology-work/tehnol-test-komplekt">http://u-center.info/technology-work/tehnol-test-komplekt</a>
Исследовательские работы учащихся	<a href="http://u-center.info/librarischoolboy/researchwater">http://u-center.info/librarischoolboy/researchwater</a>
Библиотека методических материалов преподавателя	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/metodikwater">http://u-center.info/libraryteacher/metodikwater</a>
<b>Учебные исследования почвы</b>	
Технология работы с тест-системами для исследования почвы, входящими в состав изделий	<a href="http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem">http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem</a>
Исследования почв с применением изделий модификаций «Пчёлка-У/хим» и «Пчёлка-У/почва» проводятся аналогично тест-комплектam. Технология работы с тест-комплектam	<a href="http://u-center.info/technology-work/tehnol-test-komplekt">http://u-center.info/technology-work/tehnol-test-komplekt</a>
Исследовательские работы учащихся	<a href="http://u-center.info/librarischoolboy/researchsoil">http://u-center.info/librarischoolboy/researchsoil</a>
Библиотека методических материалов преподавателя	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/metodiksoil">http://u-center.info/libraryteacher/metodiksoil</a>
<b>Учебные исследования качества продуктов питания</b>	
Технология работы с тест-системой «Нитрат-тест», входящей в состав МЭЛ для исследования содержания нитратов в продуктах питания	<a href="http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem/test-sistem-nitrat">http://u-center.info/technology-work/technol-test-sistem/test-sistem-nitrat</a>
Исследовательские работы учащихся	<a href="http://u-center.info/librarischoolboy/researchfoodstuff">http://u-center.info/librarischoolboy/researchfoodstuff</a>
Библиотека методических материалов преподавателя	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/metodikfoodstuff">http://u-center.info/libraryteacher/metodikfoodstuff</a>

<b>Дополнительные материалы для организации занятий с применением МЭЛ</b>	
Материалы для визуализации лабораторных занятий с изделиями посредством интерактивной доски	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/visual/pchelka-u-vizual">http://u-center.info/libraryteacher/visual/pchelka-u-vizual</a>
Контрольно-измерительные материалы для проверки знаний и умений, полученных учащимися при работе с изделиями	<a href="http://u-center.info/libraryteacher/znaniyaumeniya/kim-01">http://u-center.info/libraryteacher/znaniyaumeniya/kim-01</a>
<b>Специальные мероприятия ЗАО «Крисмас+» для педагогов</b>	
Обучающие программы и курсы по работе с оборудованием, в том числе изделий «Пчёлка-У»	<a href="http://u-center.info/kurs">http://u-center.info/kurs</a>
Опыт внедрения изделий педагоги могут представить на мероприятиях, организуемых ЗАО «Крисмас+»: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Всероссийском семинаре по экологическому образованию</li> <li>• Всероссийском круглом столе в рамках выставки-форума «Экологическая безопасность»</li> </ul>	<a href="http://u-center.info/seminareco">http://u-center.info/seminareco</a>  <a href="http://u-center.info/meropriyatiy/work-plan/krugly-stol-ecoedu">http://u-center.info/meropriyatiy/work-plan/krugly-stol-ecoedu</a>
<b>Специальные мероприятия ЗАО «Крисмас+» для учащихся</b>	
Исследовательские работы учащихся, выполненные с применением изделий, можно представить для участия во всероссийских конкурсах: <ul style="list-style-type: none"> <li>• «Начни исследовать с Крисмас+» (для 1–5 классов)</li> <li>• «Я-эколог!» (для 6–11 классов)</li> <li>• «Инструментальные исследования окружающей среды» (для 6–11 классов, учреждений среднего профессионального образования)</li> <li>• на другие конференции, конкурсы, форумы, олимпиады регионального и всероссийского уровня.</li> </ul>	<a href="http://u-center.info/nik">http://u-center.info/nik</a>  <a href="http://u-center.info/ecolog">http://u-center.info/ecolog</a> <a href="http://www.eco-konkurs.ru">http://www.eco-konkurs.ru</a>

---

## 10 КРАТКИЙ СЛОВАРЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

• **Аварийное химически опасное вещество (АХОВ)** — опасное химическое вещество, используемое в промышленности и в сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти загрязнение окружающей среды в концентрациях, поражающих живые организмы (многие АХОВ ранее обозначались как СДЯВ — сильно действующие ядовитые вещества).

• **Безаспирационный** — не требующий прокачивания воздуха (аспирации) при анализе.

• **Безопасность** — состояние защищённости личности, общества, государства и среды жизнедеятельности от внутренних и внешних угроз или опасностей. Безопасность — это не только состояние деятельности, т.к. деятельность присуща только людям. Под безопасностью понимается также состояние деятельности, при котором с определённой вероятностью исключено проявление опасностей.

• **Визуальный** — основанный на получении информации с помощью зрения (невооружённым глазом либо с помощью оптических приборов).

• **Воздух населённых пунктов** — воздушная среда в жилой зоне, т. е. зоне постоянного пребывания людей, отстоящей от промышленных предприятий и зон не менее чем на 500 м (ширина санитарно-защитной зоны).

• **Воздух рабочей зоны** — воздушная среда в местах периодического или непрерывного пребывания людей, регламентированного выполнением производственных операций с соблюдением приёмов и правил безопасной работы. Воздух рабочей зоны считается в пространстве, ограниченном по высоте 2 м от уровня пола (ГОСТ 12.1.005).

• **Время экспонирования** — время, в течение которого экспресс-тест размещается в анализируемом воздухе. Исчисляется с момента размещения экспресс-теста до момента его срабатывания.

• **Гидрофильный** — способный хорошо смачиваться и впитывать воду и водные растворы.

• **Канцерогенные соединения** — соединения, воздействие которых на организм приводит к возникновению онкологических (раковых) заболеваний или создаёт угрозу их возникновения.

• **Класс опасности вредного вещества** — обобщённая по нескольким показателям характеристика вредного вещества: по его опасности при воздействии на организм человека исходя из величины ПДК<sub>ВРЗ</sub>, токсикологическим характеристикам, характеру токсического воздействия. По степени воздействия вредные вещества подразделяют на 4 класса опасности: 1 — чрезвычайно опасные; 2 — высоко опасные; 3 — умеренно опасные; 4 — мало опасные (ГОСТ 12.1.007).

---

• **Окружающая среда** (с т. зр. промышленной экологии) — совокупность биотической, абиотической и социальной сред, оказывающих совместное влияние на людей и их хозяйство и являющихся объектом техногенной нагрузки.

• **Опасное химическое вещество** — химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

• **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** — предельное максимально допустимое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии в определённый промежуток времени не оказывает влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Для тех веществ, по которым значение ПДК не установлено, на практике иногда пользуются значением предельно допустимого уровня (ПДУ) или ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ).

• **Предельно допустимая концентрация в рабочей зоне (ПДК<sub>р.з.</sub>)** — концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не включает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью. В течение смены продолжительность действия на работающего концентрации, равной максимально разовой ПДК, не должна превышать 15 мин и 30 мин — для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, и она может повторяться не чаще 4 раз в смену. ПДК для большинства вредных веществ являются **максимально разовыми**.

• **Предельно допустимая концентрация среднесменная** — средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены, или концентрация, средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания. Среднесменную ПДК устанавливают для высококумулятивных веществ наряду с максимально разовой ПДК.

• **Рабочая зона** — пространство до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

• **Реагент** — химическое соединение, вступающее с определяемым соединением в химическую реакцию, сопровождающуюся аналитическим эффектом (например, изменением окраски).

• **Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы** — нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.



---

• **Селективность (избирательность) метода анализа** — способность метода корректно определять целевой компонент газовой смеси в присутствии других компонентов.

• **Сигнальные средства контроля** — средства анализа окружающей среды, позволяющие получить первичную (предварительную) информацию об уровне загрязнённости среды. Сигнальные средства используются, как правило, для оповещения населения и специалистов об опасных ситуациях, а также для получения ориентировочных данных о концентрациях загрязнителей, необходимых для последующего точного анализа. Такие средства являются обычно экспрессными и относительно дешёвыми.

• **Сорбция** (от лат. sorbeo — поглощаю) — поглощение твёрдым телом или жидкостью какого-либо вещества из окружающей среды. Основные разновидности сорбции — адсорбция, абсорбция, хемосорбция. Поглощающее тело называется сорбентом, поглощаемое — **сорбтивом (сорбатом)**.

• **Средневзвешенная концентрация компонента в воздухе** — средняя концентрация компонента за время экспонирования индикаторного средства или прокачивания через него анализируемого воздуха.

• **Средство измерения** — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

• **Стехиометрический метод** — основанный на химическом взаимодействии количеств вещества.

• **Тест-комплект** — портативный комплект для выполнения количественного или полуколичественного химического экспресс-анализа (воды, почвенной вытяжки, воздуха) на содержание одного вещества (группы однородных веществ) в полевых, лабораторных или производственных условиях. Тест-комплект представляет собой компактно уложенную в контейнер-укладку подборку готовых расходных материалов на 100 анализов, принадлежностей, оборудования и документации. В состав тест-комплекта входит все необходимое для выполнения анализа: растворы реагентов и индикаторов, тест-системы, буферные растворы, капсулированные химикаты, посуда для отбора и дозирования проб (мерные склянки и пипетки, пипетки полимерные, пробирки, склянки для хранения экстрактов), специальные принадлежности, иллюстрированное руководство с методикой выполнения анализа. Тест-комплект отличается от мини-экспресс-лаборатории компактностью, удобством и простотой в использовании.

• **Тест-система** — наиболее простые средства сигнального или полуколичественного химического анализа, представляющие собой товарную форму продукции с комплексом потребительских свойств, сочетающих в себе максимальные экспрессность анализа, простоту применения, наглядность результата, доходчивость и лаконичность инструкции. Тест-системы применяются как самостоятельно, так и в составе более сложных портативных и лабораторных методов и средств (тест-комплектов, комплектов-лабораторий, измерительных комплектов).

---

• **Техногенная сфера** (техносфера) — приповерхностная часть природной среды в виде ассоциаций горных пород, почв, рельефа, подземных и поверхностных вод, газов и биоты, состав, структура и свойства которых преобразованы в результате антропогенеза и локализуемых в зонах сосредоточения техногенных объектов (инженерных, строительных и хозяйственных).

• **Токсичность** — свойство веществ оказывать неблагоприятное (токсическое) воздействие на организм, имеющее количественные (ПДК, летальная доза и др.) и качественные (симптомы заболевания) характеристики.

• **Унифицированный метод** — единообразный общепринятый метод, используемый повсеместно для аналогичной цели.

• **Фактор** (в безопасности жизнедеятельности) — элемент среды обитания, проявляющий, как правило, вредоносные свойства, враждебные намерения при воздействии на человека.

• **Фактор опасности** — в данном случае условия или приёмы выполнения операций, создающие опасность (риск, угрозу) наступления неблагоприятных для учащихся и оборудования последствий — травм, ожогов, отравлений, порчи имущества и др.

• **Химический дозиметр** — сигнальное химическое средство контроля, срабатывающее после накопления в нём определённого количества (дозы) химического анализируемого соединения, что выражается, например, в изменении окраски активного слоя в процессе анализа.

• **Химически опасный объект** — объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определённого времени.

• **Цветная шкала (цветной образец)** — вид шкалы измерений для средств экспресс-контроля (например, колориметрических индикаторных трубок), где определённому содержанию определяемого вещества в анализируемой смеси ставится в соответствие свой цветной образец. Концентрацию измеряемого вещества находят путём сравнения изменившейся окраски пробы с прилагаемой цветной шкалой (или цветным образцом).

• **Эвтрофикация** — повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных факторов, приводящее к ряду экологически неблагоприятных последствий (бурный рост фитопланктона, гибель бентосных организмов, снижение концентрации растворённого кислорода, помутнение воды и др.).

• **Экспрессность анализа** — качество метода или средства анализа получать информацию быстро, в течение нескольких минут (десятков минут) или еще быстрее.

## План урока по теме:

### «Оценка качества овощей и фруктов по содержанию в них нитратов» (для 9–11 классов)\*

Данный урок может быть проведён как итоговый, при изучении темы «Оценка качества продуктов питания» или при рассмотрении аналогичного материала в различных базовых и специальных, а также факультативных курсах.

#### *Цели и задачи*

Углубление и развитие представлений учащихся о качестве продуктов питания.

Ознакомление с методом тестирования качества овощей и фруктов.

Развитие практических умений учащихся оценивать качество продуктов питания.

Формирование навыков выбора пищевых продуктов и рационального питания.

#### *Оборудование и принадлежности*

Образцы овощей и фруктов (свежие капуста, картофель, зелень, яблоки).

Нитрат-тесты (2–3 комплекта на одно занятие).

Подносы, листы белой бумаги (по 15 шт.).

Ножницы, ножик, калькулятор (по 1 шт.).

#### *Рекомендуемая подготовка урока*

*За 2 недели* до урока на очередном уроке дается материал о качестве продуктов питания (основные показатели качества, понятие ПДК загрязняющих веществ).

*За 1 неделю* проверяются знания о качестве продуктов питания, даётся задание на дом принести в школу на следующий урок образцы овощей и фруктов.

Учителем подбирается литература и подготавливаются выступающие (4–5 чел.) с сообщениями о качестве продуктов питания (органолептическая оценка, сведения о пищевой ценности, загрязнённости).

Содержательный компонент подготовки урока можно разбить на два тематических блока.

#### *Блок 1. Первичная оценка качества продуктов питания*

Оценка качества продуктов питания начинается с органолептической оценки — оценки внешнего вида, запаха, а в некоторых случаях — вкуса продуктов.

---

\* Урок может быть реализован по усмотрению педагога в более ранних классах.

---

По внешнему виду можно определить механические загрязнения в продуктах, наличие грибков, плесени, недоброкачественные и больные плоды. Неестественный внешний вид свидетельствует часто о низком качества плода.

Наличие неестественного запаха также свидетельствует о загрязнённости продукта (или рук). У продуктов может быть гнилостный запах, свидетельствующий об истекшем сроке годности.

*Вкус продукта* также должен быть естественным, не должен настораживать или вызывать неодобрение.

### *Блок 2. Возможные загрязнители овощей и фруктов*

В продуктах питания могут содержаться загрязнители — механические примеси, тяжёлые металлы, болезнетворные микроорганизмы, пестициды, избыточное количество нитратов.

К *механическим примесям* относятся мелкие частицы почвы, мусора, пыль и др. Механические загрязнения могут быть на поверхности и в массе продукта (например, ягод).

*Тяжёлые металлы* (в виде соединений ртути, свинца, кадмия и др.) попадают в овощи и фрукты в результате их выращивания на почвах, имеющих повышенное содержание тяжёлых металлов. Такие почвы расположены, как правило, на территориях промышленных предприятий, свалок, вблизи железных дорог и автотрасс с интенсивным движением.

*Пестициды* — химические средства борьбы с вредными насекомыми и сорняками. Могут содержаться на поверхности растения или в его биомассе.

*Нитраты* — естественные компоненты растений, которые могут присутствовать в растении в повышенных концентрациях при чрезмерном и неправильном внесении нитратных удобрений. Содержание нитратов в овощах и фруктах может быть определено с помощью нитрат-теста, что и является основным предметом практической работы на уроке.

### *Подготовка оборудования к уроку*

1. На каждую парту (на 2 учащихся, всего 15 парт) *перед уроком помещаются*: поднос; 3–4 кусочка тест-полоски для обнаружения нитратов; пинцет (желательно); листок белой бумаги.

2. На классной доске располагаются следующие записи (записываются мелом либо размещаются соответствующие плакаты):

— тема урока;

— таблица со значениями ПДК для основных (тестируемых) продуктов и пустыми (для заполнения результатов тестирования) графами по примерной форме, приведённой в таблице;

— формула для расчёта количества нитратов (Н) в мг, поглощаемого при употреблении в пищу известного количества продуктов (М) в (кг):

$$H = M \times C$$

где  $C$  — значение концентрации нитратов в продуктах, полученное при тестировании (мг/кг).

Целесообразно подготовить заранее карточки с задачами по расчёту количества поглощаемых с пищей нитратов.

**Таблица для заполнения результатов тестирования**

Наименование продукта	ПДК нитратов, мг/кг	Фактическое содержание нитратов, мг/кг
Арбуз	60	
Зелёные культуры (укроп, петрушка, щавель и др.)	2000	
Капуста белокочанная ранняя	900	
Капуста белокочанная поздняя	500	
Огурцы	150	
Яблоки	60	
Питьевая вода	45	

### *Ход урока*

#### *Начало урока (5 мин)*

Учитель называет цели урока, описывает построение урока. Предупреждает, что не следует трогать поднос с содержимым на парте. Далее кратко освещается пройденный по данной теме ранее материал.

#### *Повторение пройденного материала (5 мин)*

Учитель предлагает выступить учащимся с сообщениями о показателях качества продуктов питания и способах их оценки:

- компоненты продуктов, обуславливающие их пищевую ценность;
- органолептическая оценка качества продуктов;
- компоненты продуктов, обуславливающие их загрязнённость.

Организуется фронтальная беседа (дискуссия), в ходе которой учащиеся дополняют выступающих.

#### *Введение в экспериментальную работу (5–10 мин)*

Учитель выделяет из названных компонентов-загрязнителей овощей и фруктов нитраты, обращает на них внимание учащихся.

Подчеркивается естественный характер этого компонента, говорится о причинах его повышенного содержания в продуктах питания (избыточное внесение в почву легкоусвояемых нитратных удобрений, несоблюдение агротехнических рекомендаций).

---

Показываются написанные на доске значения ПДК нитратов в овощах и фруктах.

Рассказывается, чем вредны нитраты при попадании в организм человека с пищей (нитраты переходят в нитриты, которые, взаимодействуя с белковыми и др. соединениями, имеющими аминогруппу, образуют канцерогенные соединения — нитрозоамины). Максимальная суточная «доза» нитратов, безвредная для организма человека массой 70 кг, составляет 350 мг. (Максимальная суточная доза нитратов для человека составляет 5 мг на 1 кг веса).

Наглядно показывается, что, зная содержание нитратов в продуктах, можно расчётным путём оценить массу нитратов, поглощаемую человеком при приёме пищи.

*Экспериментальная работа (15 мин и более)*

Учитель показывает выполнение операций тестирования при определении нитратов в овощах и фруктах с помощью нитрат-теста.

Раздаёт образцы овощей и фруктов для тестирования, предлагает протестировать образцы, принесённые из дома.

Учащиеся тестируют продукты (выдавливают сок, смачивают им тест-полоски, выдерживают 3 мин для развития окраски, сравнивают их с контрольной шкалой). Записывают результаты тестирования на бумаге и (поднимая руку) сообщают их учителю. Целесообразно разбить учащихся на группы с тем, чтобы каждая из них тестировала какой-либо один вид овощей или фруктов.

Учитель записывает полученные результаты на классной доске сам либо предлагает это сделать представителям от каждой группы учащихся, тестиовавших различные виды овощей и фруктов. Экспериментально полученные результаты сравниваются с величинами ПДК в таблице на доске, и вместе с учащимися делаются выводы о качестве продуктов по содержанию нитратов.

Учащимся предлагается рассчитать по имеющейся на доске формуле, сколько нужно съесть, например, свежей капусты (в виде салата), чтобы получить суточную «дозу» нитратов (для учащегося весом 50 кг — около 250 мг), либо решить соответствующие задачи по карточкам (если они подготавливались).

*Подведение итогов урока (5 мин)*

Учитель подводит итоги занятия в соответствии с его целями и задачами, а также предлагает учащимся литературу для творческой работы по пройденной теме во внеурочной деятельности. Учащимся предлагается написать реферат по проблеме загрязнения нитратами продуктов питания, выступить с докладом на школьной экологической конференции.

В журнал проставляются оценки за выступления и за дополнения, а также за домашнюю работу.



christmas-plus.ru  
крисмас.рф  
shop.christmas-plus.ru

Проводит обучение, стажировку и консультирование по приемам и методам работы с оборудованием, а также лабораторными приборами, производимыми и поставляемыми НПО ЗАО «Крисмас+». Обучение, стажировка и консультации проводятся очно и заочно, с отрывом и без отрыва от работы, а также дистанционно.

Расходы на проезд до Санкт-Петербурга, питание и проживание несёт направляющая сторона.

С обучаемыми работают опытные методисты.

Обучение проводится по мере формирования групп и заявок на стажировку.

Заявки могут подаваться юридическими и физическими лицами.

ЗАО «Крисмас+»  
191180 Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 102  
191119 Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, 6  
Тел./факс: (812) 575-50-81, 575-55-43, 575-54-07, 575-88-14  
8 (800) 302-92-25 – звонок по России бесплатный  
Факс: (812) 325-34-79  
E-mail: info@christmas-plus.ru  
Сайты: shop.christmas-plus.ru, christmas-plus.ru,  
крисмас.рф

**Крисмас**<sup>®</sup>

МЫ ВСЕГДА ОТКРЫТЫ ДЛЯ СОТРУДНИЧЕСТВА!

Мини-экспресс-лаборатории для учебных экологических исследований «Пчёлка-У» (сертификат № RU.ИОСО.П00511).  
Позволяют проводить комплексную экспресс-оценку состояния окружающей среды (воздуха, воды, почвы, продуктов питания) по важнейшим показателям.



Портативные комплектные лаборатории НКВ (сертификат № RU.ИОСО.П00513).  
Лаборатории НКВ предназначены для исследования воды и почвенных вытяжек, полностью автономны и применяются как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Комплект-практикум экологический КПЭ (сертификат № RU.ИОСО.П00512).  
Используется для углубленных практических работ и опытов.



Класс-комплект для лабораторных работ «экология, химия, биология» ЭХБ (сертификат № RU.ИОСО.П00615).  
Предназначен для фронтального лабораторного экологического практикума в средней школе по предметам естественно-научного цикла (экология химия, биология, естествознание).

Тест-комплекты и тест-системы для экологических исследований воды, воздуха, почвы.  
Для экспресс-анализа химического состава объектов окружающей среды и продуктов питания.



Учебно-методическая литература.  
Серия практических руководств по оценке показателей качества воздуха, воды и водных объектов, почвы, продуктов питания.

*По запросам высылаются  
дополнительные информационные материалы*

## Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»

191180 Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 102  
191119 Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, 6  
Тел./факс: (812) 575-50-81, 575-55-43, 575-54-07, 575-88-14  
8 (800) 302-92-25 – звонок по России бесплатный  
Факс: (812) 325-34-79  
E-mail: [info@christmas-plus.ru](mailto:info@christmas-plus.ru)  
Сайты: [shop.christmas-plus.ru](http://shop.christmas-plus.ru), [christmas-plus.ru](http://christmas-plus.ru), [крисмас.рф](http://крисмас.рф)

Офис продаж в Москве:  
127247 Москва,  
Дмитровское шоссе, д. 96, корп. 2  
Тел.: (917) 579-66-02  
E-mail: [n-chernyh@christmas-plus.ru](mailto:n-chernyh@christmas-plus.ru)  
Сайт: [ecolablab.ru](http://ecolablab.ru)

**Крисмас®**



*Учебное издание*

**Руководство по применению  
мини-экспресс-лаборатории  
«Пчёлка-У» и её модификаций  
при учебных экологических  
исследованиях**

Под ред. А. Г. Муравьёва

Издание 7

Корректор: *И. В. Чеботаева*

Обложка: *А. Ю. Крюков*

Компьютерная верстка: *Ю. Н. Дрюков*

Техническое обеспечение: *А. К. Корнеев*

Административная группа: Б. В. Смолев, А. Н. Устрова.

Подписано в печать 15.05.2019.

Формат 70 × 100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 12,35. Тираж 1000 экз.

Заказ .

Издательство ЗАО «Крисмас+»  
191119, Санкт-Петербург, ул. К. Заслонова, 6.

Первая академическая типография «Наука»  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.