

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И МОНИТОРИНГ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ**

**Ташкент – 2016**

**«Анализ качества и мониторинг окружающей среды» конспект лекции**

**Составитель: ст.преп. Кушназаров П.И.,-Т: ТашГТУ, 2016. 92 с.**

Проблема контроля качества окружающей среды, ее состояния приобрела географический, экологический и социальный характер. В связи с этим возникла необходимость организации специальных систем и служб наблюдения, контроля и оценки состояния природной среды, которые основаны на аналитических службах, использующих широкий выбор современных химических, физико-химических и биохимических методов определения загрязнений в воздухе, воде, почве и снежном покрове.

Цель курса - ознакомить студентов с основными методами анализа объектов природной среды и систем мониторинга. Курс читается в 7 семестре. Объем лекций- 36 часа.

Печатается по желанию научно-методического совета ТашГТУ

**Рецензенты:**

**д.б.н., проф. Рахимова Т.У.(НУУз)**

**к.х.н. Мирзаев.У. (ТашГТУ)**

## **Лекция №1. ВВЕДЕНИЕ. ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА. (2 часа)**

Окружающий нас воздух (атмосфера) является важнейшим фактором обеспечения нашей жизнедеятельности. Однако с того времени, как человек начал применять его в своей деятельности вредные для его жизни вещества, чистота использовавшегося для дыхания воздуха стала подвергаться угрозе. При этом обнаружилось, что наши органы чувств не позволяют нам с установленной точностью определять качество воздуха. Наше обоняние не способно сигнализировать о наличии в воздухе всех вредных для нашего организма загрязнений, например CO/CO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>. В то же время, хотя мы и ощущаем присутствие таких ядовитых веществ как HCN, наш организм не отвечает на это какой-либо защитной реакцией. NH<sub>3</sub> сначала вызывает раздражающее действие, а несколько позже сказывается его вредное воздействие; у SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>- обратная картина. Что же касается радиоактивных загрязнений воздуха, которые приобрели особое значение в последнее время, то для их обнаружения мы вообще не обладаем какими-либо органами чувств. M. Busquet, S. Calsamiglia, A. Ferret, C. Kamel, «Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a Peptide and Amino Acids Separation and Identification from Natural Products continuous culture system», [1]. Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a Peptide and Amino Acids Separation and Identification from Natural Products continuous culture system, Animal Feed Science and Technology 2011, 597-613,

Таким образом, возникают две основные задачи. С одной стороны, исследование атмосферы населенных пунктов, проводимое с целью охраны здоровья проживающих там людей, а также исследование состава воздуха в сельскохозяйственных районах для выявления вредного воздействия загрязнений воздуха на растения и животных L. Chen, Q. Chen, Z. Zhang, X. Wan, A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, J. [2]. A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, J. Food Composition Anal. 2012, 22, 137-141.

С другой стороны, это контроль чистоты воздуха в рабочих зонах производственных помещений, осуществляемый для защиты

здоровья персонала S. W. Lee, J. M. Lin, S. H. Bhoo, Y. S. Paik, T. R. Hahn, [3]. (Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta, 2003, 267-274.).

Понятия "чистый воздух", "загрязнения воздуха", "эмиссии", "имиссии".

Чистый воздух имеет следующий состав:

азот  $N_2$ - 78,10% (об.)

кислород -  $O_2$ -20,93%

аргон - Ar - 0,93%

углекислый газ-  $CO_2$  - 0,03-0,04%

криптон - Kr - 0,0001%

неон - Ne- 0,0018%

гелий - He - 0,0005%

ксенон - Xe - 0,00001%

водород –  $H_2$  - 0,01%

Даже в чистом воздухе содержатся весьма малые (менее  $1\text{млн}^{-1}$ ) примеси следующих веществ и элементов:

Оксид углерода CO -  $0.01-0.2\text{млн}^{-1}$

озон  $O_3$  -  $0.-0.05\text{млн}^{-1}$

метан  $CH_4$  -  $1.2-1.5\text{млн}^{-1}$

закись азота  $N_2O$  -  $0.25\text{млн}^{-1}$

оксиды азота NO/  $N_2O$  -  $0-0.003\text{млн}^{-1}$

аммиак  $NH_3$  -  $0-0.02\text{млн}^{-1}$

“Загрязнения воздуха” - твердые, жидкие и газообразные вещества, изменяющие естественный состав атмосферы.

“Эмиссии” - это загрязняющие воздух вещества, которые при их выпуске из какой-либо установки попадают в атмосферу.

“Имиссии” - загрязняющие воздух вещества, присутствующие в атмосфере в непосредственной близости от зоны своего воздействия.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) дает следующее определение: “Загрязнение воздуха имеет место в тех случаях, когда загрязняющие воздух вещества или несколько загрязняющих воздух веществ присутствуют в атмосфере в таком количестве и в течение такого времени, что они причиняют вред или могут способствовать причинению вреда людям, животным, растениям и имуществу людей или могут нанести не поддающийся учету ущерб здоровью и имуществу человека” [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274.

## **История проблемы загрязнения воздуха**

Загрязнение воздуха в результате человеческой деятельности началось еще с незапамятных времен и особенно усилилось со времени использования человеком огня. Достаточно давнюю историю имеют и законодательные меры по предотвращению этих явлений.

Например, принудительное размещение вне пределов городской черты производств, особенно отравляющих воздух; запрет на использование в средневековом Лондоне каменного угля для отопления во время заседаний парламента.

Во второй половине XIX века рост промышленных производств и появление особо вредных отходящих газов и паров на предприятиях химической промышленности вынудили правительства ряда стран принять законодательные меры по их ограничению.

Первая крупная по масштабам катастрофа разразилась в 1930 г. в долине реки Маас (Германия), когда слой тумана до такой степени сгустил дымовые газы предприятий, что тысячи людей в течение нескольких дней испытывали затруднения при дыхании, а 60 человек умерли. При аналогичных обстоятельствах в 1948 г. в г. Донора (США) имело место 17 смертельных случаев. Значительно большие размеры приняли бедствия, вызванные туманом, в Лондоне, здесь в 1952 г. в течение 14 дней людей, погибших в результате острых заболеваний дыхательных путей, составило 4000. Подобная катастрофа повторилась в 1956 г., когда погибло около 1000 человек [4] Экология, М.: Изд-во. АСВ; СПб.: Химиздат, 2012, 488 с.

Явление смога, наблюдающееся в прежде славившемся своим климатом Лос-Анджелесе, создает серьезные неприятности и причиняет большой ущерб имуществу и растительности. В данном случае причиной смога являлись выхлопные газы автомашин, в то время как в Европе - дымовые газы промышленных предприятий.

В других районах земного шара увеличение загрязнения воздуха выхлопными и отходящими газами оказывает также вредное влияние на леса, поля, скот, на строения, металлы и др. На сегодняшний день ежегодный ущерб от выхлопных газов в США оценивается более 10 млрд. долларов, не говоря уже о вреде здоровью и благосостоянию населения.

Такие катастрофические явления побудили правительственные учреждения развитых стран приступить к серьезному изучению этой проблемы и принятию защитных мер. Прежде всего, начались

исследования в области гигиены и, особенно, в области химического анализа. Перед химиками была поставлена задача - разработать методику проведения анализов, с помощью которых можно было бы определить концентрацию загрязнений воздуха и соответствие их требованиям специалистов по гигиене труда [5] Конференция ООН по окружающей среде и развитию: Экос-информ, 2011. №3-4, с. 8-11.

При разработке социально-правовых документов относительно загрязнения воздуха специалисты сталкиваются с двумя прямо противоположными требованиями: с одной стороны - это всеобщее требование об обеспечении чистым и здоровым воздухом и соответственном возмещении ущерба, причиненного имуществу и здоровью людей в результате загрязнения атмосферы, с другой стороны - это развитие систем отопления, средств сообщения и различных промышленных предприятий. Современный уровень развития техники не позволяет полностью удовлетворить оба эти требования в густонаселенных районах, поэтому на долю законодательных органов выпадает трудная задача - найти удовлетворяющее все стороны решение.

Действующее в различных странах гражданское законодательство и постановления, регламентирующие деятельность промышленности, позволяют государственным органам принимать необходимые меры к виновникам загрязнений воздуха, причинившим вред здоровью людей или имуществу, и принуждать их к устранению источников подобных загрязнений и возмещению ущерба. Эти органы проверяют, с привлечением технических или медицинских экспертов, возможность вредного воздействия отходящих промышленных газов внутри или вне предприятия и дают соответствующие предписания по предотвращению такого воздействия.

В различных государствах подобные функции выполняют в соответствии с действующим законодательством либо специальный центральный орган, либо районные, городские, или областные органы.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. В чем заключаются цель, задачи предмета «Анализ качества и мониторинг окружающей среды»? Опишите сущность этого предмета.

2. Что подразумевают понятия «Чистый воздух, загрязнения воздуха, Эмиссия и миссия?» Дайте характеристику этим понятиям.
3. Впервые в результате какой деятельности человека происходило загрязнение воздуха? Рассказать историю проблемы загрязнения воздуха.
4. В каком веке и в каких странах впервые были приняты законодательные меры по ограничению степени загрязнения воздуха?
5. Опишите первую крупную по масштабам катастрофу, происходившую в результате загрязнения воздуха в Германии, США, Лондоне.
6. Какие элементы и примеси содержатся в чистом воздухе, в каких процентах?

## **Лекция № 2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ. (2 часа)**

Источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на 3 основные группы: отопление зданий, автомобили и промышленность [2] A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, J. Food Composition Anal. 2012, 22, 137-141.

### **Отопление домов**

Значительную долю в загрязнение атмосферного воздуха, главным образом в городах во время отопительного сезона, вносит отопление домов, использующее каменный уголь, при сжигании которого в атмосферу поступает большое количество дыма, сажи, СО и SO<sub>2</sub>.

Несомненные преимущества дает централизация отопления зданий с помощью теплоцентралей. Такие системы обеспечивают сжигание топлива без образования сажи. При этом выброс SO<sub>2</sub> не уменьшается, однако отходящие газы выносятся высокими дымовыми трубами в верхние слои атмосферы.

В результате этого к моменту смешивания отходящих газов с воздухом приземного слоя концентрация содержащихся в них вредных веществ намного снижается.

Наиболее перспективным с точки зрения гигиены воздуха способом отопления домов является отопление с помощью электричества, получаемого от гидроэлектростанций (ГЭС) или атомных электростанций (АЭС).

## **Загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами ДВС**

В городах решающую роль в загрязнении воздуха играют выхлопные газы моторизованного транспорта, оснащенного как бензиновыми, так и дизельными двигателями.

ДВС является непосредственным источником загрязнения воздуха такими веществами, как СО, углеводороды парафинового и олефинового ряда, высококипящие полициклические, ароматические вещества и сажа, альдегиды, NO, оксиды свинца.

Эти выхлопные газы в смеси с атмосферным воздухом, особенно под интенсивной солнечной радиацией, могут вступать в фотохимические, ведущие к образованию смога. Анализы, проведенные различными лабораториями, доказали присутствие в выхлопных газах бензиновых ароматических веществ. Эти вещества, и, прежде всего 3,4-бензопирен, слагаются потенциальными канцерогенами.

Кроме того, пелена выхлопных газов и пыли, часто нависающая над с интенсивным движением, является вредной для здоровья человека, что она поглощает целебную ультрафиолетовую часть солнечного.

Исследования по снижению концентрации вредных веществ в выхлопных газах автомобилей ведутся в нескольких направлениях: с одной стороны, совершенствование процесса сжигания топлива в цилиндрах двигателя; с другой стороны, уменьшение количества несгоревших компонентов топлива путем дожигания выхлопных газов при дополнительной подаче воздуха и с использованием катализаторов; в третьих, использование экологических видов топлива: спиртов, растительных масел и др.; в-четвертых, внедрение электромобиля.

## **Загрязнения атмосферного воздуха за счет работы промышленности**

1. Источники загрязнения. Основными источниками промышленных загрязнений воздуха являются тепловые электростанции (ТЭС), работающие на каменном угле и выбрасывающие в атмосферу сажу, золу, SO<sub>2</sub>; металлургические заводы выбрасывают с отходящими газами сажу, пыль, оксид железа и SO<sub>2</sub>, иногда фториды; цементные заводы - источники огромного

количества пыли; предприятия по производству продуктов неорганической химии загрязняют атмосферу  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ; целлюлозное производство, очистка нефти выбрасывают в атмосферу дурно пахнущие газообразные отходы.

Кроме того, все промышленные предприятия имеют собственные энергосистемы, отходящие газы которых также загрязняют воздух.

Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями химической промышленности можно разделить на несколько групп:

1. Неполный выход продукции либо вследствие особенностей протекания реакции, исключающих возможность 100% использования исходных продуктов (например, при производстве  $\text{H}_2\text{SO}_4$  контактным методом), либо в результате потерь конечного продукта (пыль в цементной и угольной промышленности, неполное вымывание  $\text{NO}_x$  при производстве  $\text{HNO}_3$  путем окисления  $\text{NH}_3$ )

2. Выброс в атмосферу примесей и загрязнений, содержащихся в сырье, например; фтора в виде  $\text{HF}$  и  $\text{SiF}_4$ - из природных фосфатов, руд и керамического сырья; серы в виде  $\text{SO}_2$  или  $\text{H}_2\text{S}$  из природного газа, сырой нефти и каменного угля, а также сульфидсодержащих руд; соединений калия при производстве цемента, мышьяка и селена из серного колчедана при производстве  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

3. Потери ряда веществ, используемых в производственных процессах, например, летучих органических растворителей,  $\text{CS}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  при изготовлении искусственного шелка и вискозы,  $\text{NO}_x$  при камерном и башенном способах производства  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , соединений  $\text{F}$  при производстве  $\text{A}$

4. Пахучие вещества и продукты окисления, попадающие в окружающий воздух в результате процессов окисления, нагревания или сушки; в процессе варки при изготовлении нитратов целлюлозы выделяется меркаптан и  $\text{H}_2\text{S}$ ; при прокаливании катализаторов, получаемых из азотнокислых солей, образуется  $\text{NO}_x$ ; и  $\text{CO}/\text{CO}_i$ - из карбонатов.

### **Контрольные вопросы для само проверки.**

1. На какие основные группы подразделяются источники загрязнения атмосферного воздуха? Рассказать об источниках, загрязняющих атмосферный воздух, происхождение их и о мерах по устранению загрязнения воздуха.

2. Что такой смог и как он образуется? Рассказать о причине образования смога.
3. Какие вещества присутствуют в выхлопных газах и какие присутствующие вещества из них являются канцерогенами? Напишите названия канцерогенных веществ.
4. В каких направлениях ведутся исследования по снижению концентрации вредных веществ в выхлопных газах автомобилей?
5. Какие основные источники являются загрязнения атмосферного воздуха за счет работы промышленности? Рассказать о промышленных источниках загрязнения атмосферного воздуха.
6. На какие группы можно разделить загрязнения атмосферного воздуха предприятиями химической промышленности? Опишите причину загрязнения атмосферного воздуха в результате производственных процессов.

### **Лекция № 3. МЕРЫ БОРЬБЫ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ ВОЗДУХА. (2 часа)**

Прежде всего, необходимо остановиться на мероприятиях общего характера, проводимых с целью очистки или уничтожения промышленных выбросов, содержащих вредные газы [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274.

Высокие дымовые трубы. Предназначены для отвода отходящих газов с места их образования и с территории заводов на такую высоту, чтобы содержащиеся в них вредные вещества, достигнув под воздействием метеорологических факторов (нисходящие воздушные потоки, температурная IX инверсия) поверхности Земли, имели в результате диффузии концентрацию, не представляющую угрозы для людей и материальных ценностей.

Факельное сжигание отходящих газов. Горючие отходящие газы ни в коем случае не следует отводить в дымовые трубы. Их можно выводить через открытый трубопровод, обеспечив их сжигание на факеле. Конец такой трубы должен располагаться на высоте 4-10 м от поверхности Земли и находиться на расстоянии не менее 120 м от любых горючих материалов. Необходимо обеспечить бесшумное горение факела при минимальном свечении. Подавая в трубу воздух или водяной пар, можно предотвратить образование сажи.

Дожигание путем термического или каталитического окисления.

В тех случаях, когда недостаточно высокая концентрация горючих вредных веществ в отходящих газах исключает возможность их дожигания на факеле, они могут быть уничтожены путем термического дожигания при температурах 600-800°C, а в присутствии катализаторов - при 200-500°C. В качестве катализаторов можно использовать благородные металлы на керамических носителях, а также окислы неблагородных металлов. При выборе катализаторов, следует учитывать возможность присутствия в них ядовитых веществ.

Адсорбционные методы. Их применение целесообразно в тех случаях, когда при регенерации адсорбента можно получить адсорбированные вещества в пригодной для применения форме. Этот способ зарекомендовал себя, - например, при рекуперации CS<sub>2</sub> в процессе приготовления вискозного шелка и штапельного полотна, а также при регенерации растворителей, используемых в самых различных отраслях промышленности. В качестве адсорбента в большинстве случаев применяется активный уголь. Он гидрофобен и не подвержен дезактивации под воздействием водяных паров. Регенерация его с помощью водяного пара не вызывает затруднений.

Очистка воздуха и отходящих газов с помощью промывки. Процесс промывки должен осуществляться в небольших по размерам аппаратах с высокой пропускной способностью. Процесс может быть циклическим или непрерывным. Промывная жидкость в скрубберах идет противотоком по отношению к потоку очищаемого газа, а применение насадок, например, колец рашига, позволяет увеличить поверхность раздела фаз.

Уничтожение носителей запаха путем добавления химических веществ. Когда вещества, загрязняющие воздух, издадут запах даже в очень малых концентрациях, необходимо попытаться устранить его до момента выброса этих веществ в атмосферу путем соответствующих химических реакций. Однако применяемые для этой цели химические вещества, например хлор, или озон, в значительной степени сами способствуют загрязнению воздуха. Поэтому необходимо соблюдать очень точную дозировку компонентов, принимающих участие в химической реакции.

## **Влияние метеорологических факторов на распространение атмосферных загрязнений**

Отходящие газы из дымовой трубы, камина или выхлопной трубы автомобиля разбавляются атмосферным воздухом. Степень разбавления зависит не только от расстояния, но и от господствующих ветров и погодных условий. При выборе места для размещения промышленного предприятия необходимо учитывать возможность устранения или уменьшения расстояния между источником их выброса и жилой зоной. Так, размещение вблизи густонаселенного жилого массива промышленного предприятия, на котором производственный процесс неизбежно связан с выбросом в атмосферу веществ, обладающих особенно интенсивным запахом, при современном уровне техники неизбежно создаст неудобства для проживающих там людей.

Наиболее часто с целью увеличения расстояния от источников отходящих газов строят дымовые трубы соответствующей высоты, которые обеспечивают для нагретых газов дополнительное всасывание и перемешивание их с атмосферным воздухом после выхода из трубы.

Особую трудность представляют инверсии. Обычно температура воздуха с увеличением высоты уменьшается, в результате чего происходит вертикальный обмен воздуха приземного слоя и расположенного над ним более холодного тяжелого воздуха. Обратная ситуация, когда выше холодного приземного слоя располагается более теплый воздух, препятствующий подъему холодного воздуха, называется инверсией. Большей частью инверсии наблюдаются в холодное время года при устойчивом высоком атмосферном давлении в котлованах и в низинах около рек, сопровождаемые образованием плотного и устойчивого тумана. В таких случаях скапливающиеся в приземном слое загрязнения не разжижаются в достаточной мере и могут, в особенности вследствие кумулятивного действия сернистого газа и сажи в дымовых газах, создать серьезную опасность для здоровья. В большинстве случаев, однако, не всегда соответствующая высота дымовых труб обеспечивает выход отходящих газов из инверсионного слоя, а тем самым и из опасной зоны.

Наибольшее очищающее воздействие на воздух оказывают дождь и снег. Поэтому анализ состава воздуха во время выпадения осадков не имеет смысла.

В зависимости от существующих метеоусловий (влажность воздуха, солнечная радиация) в атмосфере происходят самые различные реакции между загрязняющими воздух веществами. Частично многие вредные вещества тем самым выводятся из атмосферного воздуха (например - пыль,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HF}$ ), однако при этом могут также образовываться и вредные продукты.

### **Контрольные вопросы для само проверки.**

1. Какие мероприятия общего характера проводятся с целью очистки или уничтожения промышленных выбросов, содержащих вредные газы? Перечислить основные мероприятия борьбы с промышленными загрязнениями воздуха и охарактеризовать.
2. В каких случаях применяются адсорбционные способы для очистки воздуха и отходящих газов? Приведите примеры этих способов, используемых в самых различных отраслях промышленности.
3. Какие метеорологические факторы влияют на распространение атмосферных загрязнений? Приведите примеры.
4. Какой параметр служит основной физической характеристикой при нормировании содержания примесей в атмосфере и какова единица измерения?
5. Что такое экологическая величина ПДК и для какой цели разработана? Расшифруйте и охарактеризируйте. Какова её единица измерения?
6. Что такое экологическая величина ПДВ и она кем устанавливается? Расшифруйте и охарактеризируйте. Какова её единица измерения?

### **Лекция № 4. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА. (2 часа)**

Загрязняющие воздух вещества проникают в организм человека в основном через органы дыхания. Суточный объем аспирационного воздуха составляет для одного человека  $6-12\text{ м}^3$ , из которых  $4-7\text{ м}^3$  достигает альвеол. При нормальном дыхании происходит вдыхание  $0,5\text{ л}$ , а при глубоком  $1,5-2\text{ л}$  воздуха.

Вдыхаемый ртом или носом воздух через трахею попадает во внутреннюю часть легких (альвеолы), где в многочисленных легочных пузырьках происходит газообмен с кровью и лимфой.

Грубые частицы пыли диаметром 5-40 мкм оседают частично уже в носу или во рту, а частично в трахее и бронхах. Частицы пыли и аэрозоли диаметром 0,5-5 мкм достигают альвеол и оседают там. Мельчайшие частицы пыли диаметром менее 0,5 мкм частично снова выдыхаются.

Газообразные загрязнения воздуха в зависимости от их растворимости в воде, поглощаются частично уже слизистой, а частично бронхами.

Вредное воздействие загрязнений воздуха первоначально проявляется в случае возникновения заболеваний при вдыхании загрязненного воздуха на улице или рабочем месте.

В современной технике используется множество веществ, которые в виде газов, паров или пыли попадают в воздух рабочей зоны и могут представлять опасность для здоровья работающих.

Поэтому необходимо нормирование примесей. Основной физической характеристикой примесей атмосферы является концентрация - масса(мг) вещества в единице объема ( $\text{м}^3$ ) воздуха при н.у. Концентрация примесей определяет физическое, химическое и др. виды воздействия веществ на человека и окружающую среду и служит основным параметром при нормировании содержания примесей в атмосфере [4] Экология, М.: Изд-во. АСВ; СПб.: Химиздат, 2012, 488 с.

ПДК - это максимальная концентрация примеси в атмосфере, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного действия (включая отдаленные последствия).

Если вещество оказывает на окружающую природу вредное действие в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую среду.

ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов регламентированы списком Минздрава. Россия №3086-84 от 27.08.84 г. с дополнениями, в соответствии с которым установлены: класс опасности вещества, допустимые максимальная разовая и среднесуточная концентрация примесей.

Максимальная разовая ПДК<sub>мах</sub> - основная характеристика опасности вредного вещества. Среднесуточная ПДК<sub>сс</sub> установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и др. влияния вещества на организм человека.

Наибольшая концентрация каждого вредного вещества в приземном слое не должна превышать максимально разовой ПДК, т.е.  $C < ПДК_{\max}$  при воздействии в течение не более 20 мин. Если время воздействия вредного вещества превышает 20 мин, то  $C < ПДК_{\text{сс}}$ .

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условию:

$$C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \dots + c_n / ПДК_n \leq 1,$$

где  $C_1, C_2$  - концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке местности,  $\text{мг/м}^3$ ;

$ПДК_1, ПДК_2$  - ПДК вредных веществ в атмосфере,  $\text{мг/м}^3$ ;

Эффектом однонаправленного действия обладают, например, такие вредные вещества, как  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$ ;  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_2$ ; этилен, пропилен, бутилен, амилен;  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{CHON}$ . Максимальные концентрации вредных веществ определяют по разовым пробам, отобраным в течение 20 мин.

ПДВ. В соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02-78 для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками не создадут концентрацию, превышающую ПДК.

При определении ПДВ примеси от расчетного источника необходимо учитывать её концентрацию в атмосфере, обусловленную выбросами от других источников, соблюдая для приземного слоя условие:

$$C + C_{\phi} \leq ПДК,$$

$C$  - концентрация вещества в приземном слое, создаваемая расчетным источником выброса;

$C_{\phi}$  - фоновая концентрация вещества.

Контроль ПДВ ведут в среднем за сутки, месяц, год устанавливаются, контрольные значения ПДВ в граммах за секунду, которые не должны превышать в любой 20-минутный интервал времени. ПДВ устанавливают для каждого источника загрязнения атмосферы.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какие методы существуют для анализа состава воздуха? Перечислите основные существующие методы анализа состава воздуха и расскажите о сущности определения каждого метода.
2. Для отбора проб воздуха какой сосуд используется и как он заполняется воздухом? Каким путем осуществляется накопление компонентов воздуха непосредственно на месте отбора?
3. На чем основан метод газо-хроматографического анализа воздуха? Опишите сущность этого метода и охарактеризируйте преимущества по сравнению с другими методами.
4. Как называется ускоренный метод качественного определения некоторых веществ, присутствующих в воздухе? Опишите сущность метода и охарактеризируйте.
5. На чем основан фотометрический метод анализа воздуха и какой прибор является основным? Нарисуйте принципиальную схему прибора и объясните порядок измерения.
6. На чем основан принцип действия газоанализатора с индикаторными трубками? Опишите принцип работы газоанализатора и охарактеризируйте.

### **Лекция № 5. МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОСТАВА ВОЗДУХА. (2 часа)**

Задача специалиста, занимающегося анализом состава воздуха, состоит в том, чтобы выбрать для этой цели такой метод, который максимально соответствовал бы специфическим условиям и задачам анализа, а также обеспечивал получение достоверных результатов [2]  
A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, J. Food Composition Anal. 2012, 22, 137-141.

Концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ обычно даются либо в виде их массы в 1 м<sup>3</sup> воздуха (мг/м<sup>3</sup> или мкм/м<sup>3</sup>) либо в виде объемного соотношения газов: 1 ч (об): 10<sup>6</sup> ч (об)=млн<sup>-1</sup>; 1 ч (об):10<sup>9</sup> (об)=млрд.<sup>-1</sup>; 1 ч (об):10<sup>8</sup> ч (об)=10<sup>-2</sup>млн<sup>-1</sup>. В Германии и США используются последние. Преимущество такого способа выражения концентрация загрязнений заключается в том, что она не зависит от давления и температур воздуха, в то время как показатель мг/м<sup>3</sup> меняется. В то же время для жидкостей целесообразно использовать показатель мг/м<sup>3</sup>, поскольку вредное

воздействие их, в частности токсичность, зависит от их массы:

$$\text{млн}^{-1} = \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} * \frac{\text{моль. объем}}{\text{моль. масса}} ; \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} = \text{млн}^{-1} \frac{\text{моль. объем}}{\text{моль. масса}} ;$$

В качестве мольного объема следует брать 22,4 л.

Концентрации вредных веществ в той или иной степени в зависимости от размеров, продолжительности и периодичности выбросов, а также от климатических условий (ветер, осадки). Для определения незначительных концентраций вредного вещества в атмосфере зачастую требуются средние значения получасовых изменений. Однако в рабочей зоне необходимо время от времени проводить разовые измерения концентраций, чтобы можно было обнаружить возникновение опасности для персонала. С другой стороны, для выявления превышения ПДК вредного вещества на рабочем месте требуется брать пробы в течение более продолжительных отрезков времени.

Не следует предъявлять чрезмерных требований к чувствительности точности воздуха аналитического метода при выполнении практических анализов. В качестве предельной концентрации вещества можно вполне принять в 10% от концентрации вредного вещества, причиняющего серьезный ущерб. Воспроизводимости с точностью  $\pm 5\%$  от измеренного значения является вполне достаточной, т.е. точность, обеспечивающая применение обычных я, например, полярографического, колориметрического, газохроматографического удовлетворяет предъявленным требованиям. При превышении ПДК можно использовать менее точные индикаторы погрешностью  $\pm 10-20\%$

Целью проведения анализа воздуха является определение наличия отклонений от его естественного состава. При этом содержание азота обычно не определяется, а содержание кислорода – только в исключительных случаях, поскольку они присутствуют в атмосфере в наибольших количествах и практически постоянной концентрации. Наибольшее число анализов воздуха касается чуждых для него, нежелательных веществ.

### **Отбор проб воздуха**

Пробы воздуха необходимо отбирать в специальные емкости, которые затем доставляются к месту проведения анализа. При этом можно также повышать концентрацию вредного вещества в пробе

адсорбцией на твердых носителях или абсорбцией на фильтрованной бумаге или в жидкостях. В большинстве случаев одновременно с отбором необходимо измерить объем взятой пробы воздуха. Обычно место для отбора достаточно показательной пробы воздуха следует выбирать так, чтобы рядом не было деревьев или стен зданий. Нельзя также проводить отбор пробы во время дождя или снегопада.

Отбор проб воздуха осуществляется в стеклянные сосуды либо в растворы. Для отбора проб используются газоотборные трубки, которые заполняются воздухом путем всасывания с помощью аспиратора. При этом через приемник должно быть пропущено воздуха в 10 раз больше объема трубки. При хранении проб воздуха даже непродолжительное время необходимо учитывать возможность возникновения в сосуде химических реакций, в которых помимо содержащихся в пробе вредных веществ, могут принять участие также водяной пар и  $O_2$ . В результате этого из  $NO_x$  может образоваться  $HNO_3$ , а из  $SO_2$  -  $H_2SO_2$ ,  $H_2S$  может окислиться, а некоторые органические загрязнения претерпеть различные изменения.

Накопление компонентов воздуха непосредственно на месте отбора пробы осуществляется путем адсорбции на твердой фазе или абсорбции жидкостью.

Адсорбция. Повышение концентраций загрязнений воздуха с помощью адсорбентов с целью их последующей десорбции и количественного и качественного анализа обычно проводится как подготовительный этап к газохроматографическому анализу. В качестве адсорбентов наиболее часто применяют силикагель и активный уголь. Преимущество силикагеля состоит в том, что он действует несколько слабее, поэтому возможна десорбция при более низких температурах, в то время как активный уголь обладает более сильным адсорбирующим действием, не утрачивая своей эффективности и при наличии влаги в воздухе, однако требует более высоких температур для десорбции и зачастую отдает адсорбированные вещества только в химически измененном виде.

Адсорбция с помощью активного угля применяется часто и для выборочного отделения нежелательных побочных примесей, например, при определении содержания СО в воздухе, загрязненном дымовыми газами и выхлопными газами автомобилей. Трубка с активным углем для предварительной адсорбции пропускает СО, однако, задерживает олефины и высшие углеводороды, которые

могли бы помешать определению концентрации СО.

В некоторых случаях для анализа состава воздуха применяется фильтровальная бумага, пропитанная абсорбирующим составом. Кусок такой бумаги помещается в специальное устройство, через которое затем с помощью насоса пропускается соответствующий объем воздуха. Присутствие в воздухе некоторых веществ определяется по изменению цвета фильтровальной бумаги.

Важнейшим методом отбора проб воздуха с одновременным определением загрязнений является пропускание воздуха через соответствующую жидкость. Для поглощения загрязнений атмосферного воздуха с помощью абсорбирующего раствора используют промывные склянки.

Для быстрого проведения анализа состава воздуха целесообразно использовать передвижные экспресс-лаборатории, оснащенные аппаратурой для выполнения разовых анализов, а также регистрирующими приборами для длительных измерений.

### **Лабораторные исследования с применением искусственных воздушных смесей.**

Выбор метода приготовления смесей воздуха с вредными веществами зависит от требуемого количества той или иной смеси, желаемой концентрации, свойств чистого вещества и предлагаемой устойчивости смеси. Подготовка смесей может проводиться в стационарных системах (статический метод) или же в потоке газа (динамический метод). Используемый для приготовления смеси воздух должен быть чистым, а его влажность соответствовать естественным условиям.

**Статический метод.** Отмеренное количество чистого вредного вещества вводится в сосуд, предварительно заполненный чистым воздухом при пониженном давлении, после чего сосуд заполняется воздухом до требуемого давления. Полученную смесь можно последовательно разбавлять, для чего из сосуда отбирается определенный объем смеси и вводится в другой сосуд, который снова заполняется воздухом.

**Динамический метод.** Если необходимо приготовить большие объемы воздуха с определённым содержанием вредного вещества, смешивают потоки газов, причем каждый трубопровод, по которому подается тот или иной газ, снабжается расходомером.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какие методы и приборы существуют в настоящее время для обеспечения непрерывного контроля за состоянием воздушной среды о характеризуйте эти методы и опишите принцип работы приборов.
2. Чем отличается хроматографическая колонка в методе газовой хроматографии от газожидкостной хроматографии? Опишите принцип работы обоих методов и их случаи применения.
3. В каких случаях применяется газохроматографический метод для определения составных частей воздуха ( $O_2, N_2, CO_2$ ) и для разделения этих газов сколько необходимо ректификационных колонок? Опишите методику определения вышеупомянутых газов.
4. Какую кривую называют хроматограммой и по хроматограмме какими параметрами устанавливают качественный и количественный состав воздуха. Нарисуйте хроматограмму и охарактеризируйте.
5. Для хроматографического анализа паров смесей растворителей с низкой температурой кипения какими веществами заполняется и какие вещества применяются в качестве газа-носителя. Опишите методику.
6. Для анализа состава воздуха может успешно использоваться метод масс-спектрометрия. Какова особенность этого метода? Укажите преимущества и недостатка метода.

### **Лекция № 6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. (2 часа)**

#### **Фотометрические методы анализа**

В данном методе используется явление химического преобразования вредных веществ в цветоинтенсивные соединения. Основным прибором является спектрофотометр [2] A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, J. Food Composition Anal. 2012, 22, 137-141.

#### **Газоанализаторы с индикаторными трубками**

Принцип действия газоанализаторов основан на адсорбции определенных загрязняющих воздух веществ, при одновременном проведении цветной реакции. К настоящему времени созданы индикаторные трубки, рассчитанные на обнаружение 40 различных загрязняющих веществ. Такие трубки предназначены в первую очередь для контроля качества воздуха в рабочей зоне, кроме того,

они могут использоваться для проведения некоторых видов газового анализа, в частности, для анализа состава отходящих газов (например, дымовых газов, выхлопных газов ДВС), для определения содержания  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  или  $\text{CO}$  в отходящих газах при перегонке нефти, синтез-газах или сжиженном газе, для обнаружения утечки газа в газопроводах, при анализе состава газообразных продуктов взрыва и горения, а также для анализа состава выдыхаемого воздуха (проверка на содержание алкоголя).

### **Автоматические приборы непрерывного действия для анализа загрязнений воздуха**

Постоянно возрастающая угроза для окружающей среды в результате внезапного загрязнения атмосферного воздуха в концентрациях, которые могут причинить значительный вред здоровью людей и ущерб материальным ценностям, обусловила необходимость обеспечения непрерывного контроля за состоянием воздушной среды во многих районах.

В настоящее время в производственных помещениях используют автоматические приборы, постоянно измеряющие концентрации вредных веществ, регистрирующие результаты измерений и включающие тревожную сигнализацию в случае опасного превышения этих концентраций.

К этим методам относятся физические (ИК-, УФ-спектроскопия) и химические (колориметрический, гальванометрический, потенциометрический) методы.

### **Газо-хроматографические методы анализа состава воздуха**

Заключаются в том, что проба воздуха в виде газообразных или испаряющихся компонентов вводится в поток соответствующего газа-носителя и вместе с ним пропускается через колонки с твердыми адсорбирующими поверхностями (адсорбционная газовая хроматография) или с нанесенными на твердые поверхности нелетучими жидкостями (газожидкостная хроматография), причем отдельные компоненты смеси в соответствии с их различными коэффициентами распределения между неподвижной (твердой) и подвижной (газообразной) фазами перемещаются в колонке с различной скоростью, выходят из нее разделенными фракциями и могут быть определены в виде отдельных веществ в смеси с газом-носителем. Способ отличается очень высокой избирательностью.

## **Анализ выхлопных газов в воздушном бассейне городов**

Важной областью применения газовой хроматографии является исследование состава воздуха в городах на присутствие в нем загрязнений органического происхождения от выхлопных газов ДВС. В данном случае речь идет о сложной по составу смеси, состоящей из несгоревших остатков топлива, продуктов крекинга, продуктов реакции частичного окисления, таких как альдегиды, кислоты, перекиси. В районах с большой интенсивностью солнечного излучения в воздушную среду попадают также элементы смога - вызванные фотометрической реакцией с NOx продукты.

Для анализа разбавленных воздухом выхлопных газов ДВС использовалась колонка размером 0,7x3 мм, заполненная силикагелем. В качестве газа-носителя использовался гелий, поступающий со скоростью 60 мл/мин, объем, непосредственно подававшийся в колонку пробы воздуха составлял 1,2 мл. Используемая аппаратура позволяла обнаружить присутствие углеводородов в концентрациях 1 млрд<sup>-1</sup>.

### **Определение обычных составных частей воздуха: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>**

Применение газохроматографического метода для определения содержания упомянутых веществ целесообразно лишь в тех случаях, когда в наличии имеются только небольшие по объему пробы воздуха. Для разделения этих газов необходимо наличие двух параллельно соединенных колонок, одна из колонок заполняется молекулярными ситами 5А<sup>0</sup> с размером зерен 0,18-0,25 мм. Она служит для разделения кислорода и азота, тогда как CO<sub>2</sub> остается в ней необратимо связанным. Для определения концентрации CO<sub>2</sub> предназначена вторая, параллельно соединенная колонка, заполненная частицами силикагеля. При выходе из этой колонки кислород с азотом дают общий пик на хроматограмме, а пик CO<sub>2</sub> - четко разделяется с ним. Температура разделения 26°C, а газ-носитель - гелий. Объем пробы для определения только O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> составляет 1-2 мл. Для определения концентрации CO<sub>2</sub> требуется большая по объему проба (10-100 мл).

Если пробу воздуха ввести одновременно в обе параллельно соединенные колонки, то через 1 мин. на хроматограмме появится общий пик O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> в случае колонки с силикагелем, через 2 или 6 мин - отдельные пики O<sub>2</sub> или N<sub>2</sub> в случае колонки с молекулярными ситами, в то время как сигнал о наличии CO<sub>2</sub> появится на

хроматограмме пробы, прошедшей через колонку с силикагелем, спустя 26 мин

### **Газохроматографический анализ паров смесей растворителей**

Для хроматографического определения концентрации в пробе воздуха смеси растворителей с низкой температурой кипения, состоящей из эфиров, кетонов, спиртов, а также ароматических и алифатических углеводородов, была применена проба объемом 1 мл, которая отбиралась с помощью стеклянных сосудов, из которых откачан воздух. Разделительная колонка размером 2x5 мм заполнена 15% полипропиленгликоля на целите. Газ-носитель - гелий (скорость подачи - 85 мл/мин). Температура разделения - 100°C, скорость движения диаграммной ленты - 1 см/мин.

Калибровка приборов для качественного и количественного анализов доводится с помощью соответствующих химически чистых веществ, которые вводятся микро шприцем объемом 10-50 мкл в 5-литровую бутылку, откуда был предварительно откачан воздух. Затем бутылку снова заполняется воздухом. В качестве эталонного вещества используется толуол.

Для концентрирования органических загрязнений из проб воздуха рабочих помещений, например при многочасовом отборе проб, перед проведением газохроматографического анализа рекомендуется использовать трубку длиной 8 см с 06 мм, заполненную 0,7 г активного угля. После пропускания пробы содержимое трубки десорбируют путем экстракции сероуглеродом. Полученный раствор можно сразу подвергать анализу.

Для анализа состава воздуха может успешно использоваться теория масс-спектрометра, характерной особенностью которой является крайне малый объем пробы, необходимой для анализа (~1 мкл газа), а также высокая специфичность.

Наиболее простым способом получения информации о присутствии в воздухе посторонних веществ является использование органов обоняния, с помощью которых можно определить вещества только в виде газов, паров или тонкого тумана. Кроме таких газов, как  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ , низшие насыщенные алифатические углеводороды,  $\text{CO}_2$  в небольших концентрациях, не воспринимаются обонянием пары воды, гликоля, диметилформамида.

Однако чувствительность органов обоняния человека к различным пахучим веществам весьма неодинакова и может

отличаться на несколько порядков. Поэтому соответствующие данные отличаются большими расхождениями

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какие вещества являются основными неорганическими загрязнителями воздуха? Перечислите вещества загрязнителя воздуха и дайте характеристику каждому веществу по степени опасности.
2. Какие эффективные устройства существуют для удаления пыли из отходящих газов? Перечислите эффективные устройства для удаления пыли из отходящих газов и кратко охарактеризируйте.
3. Какие методы существуют для анализа пыли и каким методом определяют их вредное воздействие? Перечислите существующих методов анализа пыли и дайте характеристику каждому методу анализа пылей.
4. Какие вещества являются радиоактивными и на какие типы подразделяются радиоактивные излучения? Дайте характеристику каждому типу излучения.
5. Какими методами измеряют радиоактивные излучения и какие аппараты существуют для измерения радиоактивных излучений. Дайте характеристику этим аппаратам.
6. Какие газы называются инертными, присутствующими в воздухе и какими методами их измеряют. Перечислите инертные газы, присутствующие в воздухе, охарактеризуйте их по вредностям.

## **Лекция № 7. АНАЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА. (2 часа)**

Основными неорганическими загрязнителями воздуха являются пыль, радиоактивные вещества, инертные газы, серосодержащие ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), азотсодержащие ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO/NO}_2$ ), углеродсодержащие ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{CS}_2$ ), галогены ( $\text{F}$ ,  $\text{Cl}$ ), мышьяк, свинец и ртуть [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274.

### **Пыль**

Содержание пыли в воздухе в обычных жилых районах находится в пределах  $0,1-0,2 \text{ мг/м}^3$ , тогда как в жилых районах с большим числом промышленных предприятий этот показатель более

0,5 мг/м<sup>3</sup>. На рабочих местах запыленность воздуха иногда достигает 100 мг/м<sup>3</sup>,

При определении вредности пыли должно учитываться её воздействие, обусловленное присутствием в ней определенных веществ: сажа, кварц, F, Pb, Hg, Be. радиоактивные и канцерогенные вещества.

Важнейшим фактором неспецифического воздействия пыли и определения её вредности является размер пылевых частиц:

крупная -  $0 > 10$  мкм (быстро осаждающаяся)

тонкая -  $0,5 - 10$  мкм (медленно осаждающаяся)

очень тонкая -  $0 < 0,5$  мкм (практически не осаждающаяся)

Для удаления пыли из отходящих газов существует множество эффективных устройств. Крупная пыль может задерживаться в пылесадительных камерах с поперечными перегородками, тонкая - в центробежных сепараторах (циклонах) или на тканевых фильтрах, очень тонкая с помощью электростатического газоочистителя или мокрого пылеулавливания.

Методы анализа пыли очень многообразны и зависят от специфики местных условий, однако существует общая классификация:

Определение общего количества пыли из воздушного потока:

а) взвешиванием (гравиметрические методы)

б) путем подсчета частиц (микроскопические методы)

в) измерением какой-либо величины;

2) Путем измерения непосредственно в пробе воздуха физической величины, характеризующей содержание пыли.

II. Определение количества свободно осевшей за данный промежуток времени пыли (измерение осадка пыли).

Для характеристики вредного воздействия или происхождения пыли проводится её химический анализ с применением современных микроаналитических и физических методов.

Приборы для измерения количества осаждающейся пыли следует устанавливать на высоте  $\geq 5$  м от земли. Различные препятствия (деревья, стены домов) должны располагаться на расстоянии, по меньшей мере, в 10 раз превышающем разность их высоты относительно прибора.

Среднегодовое значение осевшей пыли не должно превышать 0,42 г/м<sup>2</sup>сут.) (общее) - 0,85 г/м<sup>2</sup>сут. (в промышленных районах);

среднемесячное - 0,65 г/м<sup>2</sup> (сут) (общее) - 1,3 г/м<sup>2</sup>сут (для

промышленных ионов);

в курортных районах величина осаждения пыли не должна превышать  $2,5 \text{ г/м}^2$  за 30 сут.

### **Радиоактивные вещества**

Измерение радиоактивности воздуха и ее носителей представляет собой особую область физики, использующую специальную аппаратуру. Этими вопросами непосредственно занимается только ограниченное число специалистов.

В то время как проведение аналитических исследований обычных загрязнений воздуха в основном ограничено районами, находящимися вблизи источников выбросов (например, электростанций, промышленных предприятий) или участками, где в результате скопления более мелких источников загрязнений (автомобилей, отопительных систем) следует ожидать нежелательного концентрирования вредных веществ, в отношении радиоактивных веществ дело обстоит иначе.

Здесь следует учитывать только ограниченное число заслуживающих внимания источников загрязнения. Это - возможные ядерные взрывы (испытание ядерного оружия), ядерные реакторы, которые иногда могут давать "утечки", используемые для получения атомной энергии.

Распространение радиоактивных загрязнений не ограничивается районом их выброса; они с ещё большей силой выбрасываются в стратосферу и оттуда могут распространяться по всему миру, в результате чего последствия такого выброса могут быть обнаружены на всей поверхности Земли в виде повышенной радиоактивности.

Кроме АЭС, существует несколько более мелких источников радиации: урановые рудники, предприятия по изготовлению и регенерации ядерных тепловыделяющих элементов, предприятия по изготовлению и переработке люминофоров, места применения радиоактивных изотопов в медицине и технике.

Носителями радиоактивности воздуха являются главным образом I аэрозоли пылевидных частиц размером 0,2-1 мкм.

При измерении уровня радиации необходимо различать естественную радиоактивность (основная доля - инертные газы радон и торон - продукты распада урана и тория) и искусственную. Измерению уровня радиации подвергаются пробы пыли непосредственно после их отбора и по истечении двух суток.

В зависимости от вида излучения применяют самые разнообразные типы счетчиков. Универсальными и в силу этого наиболее подходящими для анализа воздуха на радиоактивность являются пропорциональные счетчики, импульс которых позволяют различать  $\alpha$ -и  $\beta$ -излучения и проводить их раздельно измерение. Достоинство такого раздельного измерения заключается в том, что оно позволяет сразу же определить, источник какого вида излучений преобладает в пробе -  $\alpha$ - (например, чрезвычайно опасный  $\text{Pu}^{239}$ ) или  $\beta$ - ( $\text{Sr}^{90}$ ).

Интенсивность  $\gamma$ -излучения измеряется предпочтительно с помощью сцинтилляционных счетчиков, для непосредственного измерения радиоактивности воздуха можно использовать обладающие особенно высоко) чувствительностью измерители  $\gamma$ -излучения, к которым нередко подключают устройства тревожной сигнализации.

### **Инертные газы**

Воздух естественного состава содержит инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, а также источник естественной радиации - радон. Радон образуется из радия при  $\alpha$ - распаде, однако и сам распадается под действием  $\gamma$ -излучения с периодом полураспада 3,8 сут.

С точки зрения гигиены воздуха инертные газы, за исключением радона, не имеют никакого значения.

Наиболее подходящим методом анализа инертных газов является газовая хроматография.

### ***Кислородсодержащие составные части воздуха***

#### **1. Кислород**

Определение содержания  $\text{O}_2$  в воздухе требуется в редких случаях, т.к. содержание его практически постоянно. Однако в рабочих помещениях некоторых предприятий его содержание может снижаться. В подобных случаях непрерывный контроль состава воздуха в помещении может предотвратить несчастные случаи.

Концентрация  $\text{O}_2$  в рабочих помещениях не должна быть намного ниже нормального значения 20,9%(об). Концентрацию 15% следует рассматривать как вредную, а 10%-ную считать опасной для жизни.

Для определения концентраций  $\text{O}_2 \sim$  до 20% используются в основном следующие методы:

- 1) абсорбционные;

- 2) титриметрические;
- 3) физико-инструментальные;
- 4) газохроматографические.

Абсорбционный анализ содержания  $O_2$  в воздухе проводится в аппарате ОРСа, где в качестве абсорбента используется щелочной раствор пирогаллола.

Титрование может быть выполнено либо изотермическим, либо оксидиметрическим способами. Эти методы сложнее и длительнее, однако обеспечивают несколько большую точность.

Инструментальные методы определения  $O_2$  основаны на измерении парамагнетизма и полярографии.

Подлежащая анализу проба воздуха находится в нагреваемой с помощью электричества поперечной трубке кольцевой камеры, половина которой располагается в поле сильного магнита. Молекулы  $O_2$  благодаря присущему им парамагнетизму втягиваются в зону действия более сильного магнитного поля, что обуславливает создание воздушного потока, вызывающего частичное охлаждение нагревательной спирали. Показателем содержания  $O_2$  служит возникающая в результате этого явления разница в электрическом сопротивлении у обеих половин нагревательной спирали.

В полярометрии используется свойство деполяризации гальванических элементов кислородом. Если пропускать содержащий  $O_2$  поток газа в посредственной близости от угольного электрода, он деполяризуется пропорционально количеству  $O_2$ , что проявляется в хорошо измеряемом возрастании силы тока.

## 2.Озон

Озон в атмосфере образуется в слоях воздуха на высоте 20-40 км благодаря своей способности поглощать УФ-излучение, озон защищает поверхность Земли от его воздействия. Естественная концентрация озона на высоте 20 км составляет  $0,2 \text{ млн}^{-1}$ , у поверхности земли -  $1-30 \text{ млрд}^{-1}$ . В атмосфере городов, содержащей окисляющиеся загрязнения, концентрация  $O_3$  еще больше снижается.

С другой стороны, в загрязненной атмосфере в результате реакции олефинов с  $O_2$  под воздействием оксидов азота при интенсивном солнечном облучении могут возникать перекиси и озон (до  $1 \text{ млн}^{-1}$ ).

Озон можно также часто обнаружить на рабочих местах. Он образуется при самых различных технических процессах: при

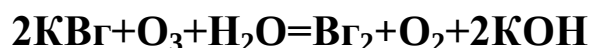
облучении УФ-лампами и рентгеновскими трубками, при электрических разрядах, при электрических процессах на аноде, при зарядке аккумулятора. Озон образуется при медленном окислении влажного белого фосфора, при распаде неорганических и органических примесей, при воздействии элементарного фтора на воду. Опасное повышение озона в атмосфере рабочих зон может быть вызвано из-за широкого использования озонирования воздуха для обеззараживания питьевой воды, на складах для хранения продовольствия и фруктов, в качестве окислителя и отбеливателя.

Озон представляет собой очень токсичный и опасный раздражающий газ. Он оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки и вызывает нарушения центральной нервной системы, что ведет к появлению бронхита и головных болей.

Озон является сильнейшим окислителем: окисляет олефины в альдегиды,  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$  в  $\text{N}_2\text{O}_5$  и  $\text{HNO}_3$ .

Для анализа озона используются как физические (УФ-и ИК-спектрофотометрия), так и химические (колориметрический метод основан на окрашивании в синий цвет в присутствии  $\text{O}_3$ ).

Жидкостные химические методы основываются на определении содержания свободных галогенов, которые выделяются с помощью  $\text{O}_3$  и растворов галогенидов. Наиболее часто применяются реакция с раствором  $\text{KI}$  в различных интервалах pH. При этом количество высвобождающегося йода можно определять титрованием; потенциометрическим, полярометрическим, кулонометрическим, либо титрованием до конечной точки. А амперометрическим или гальванометрическими методами определяют количество  $\text{Br}_2$ , высвобождающегося в результате реакции раствора  $\text{KBr}$  с  $\text{O}_3$ .



### **Влажность воздуха**

Измерение влажности воздуха представляет собой один из самых распространенных анализов состава воздуха, т.к. содержание водяного пара в атмосферном воздухе наряду с содержанием  $\text{O}_2$  является важнейшим показателем чистоты воздуха для живых организмов и техники.

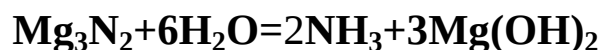
Для определения влажности воздуха используются почти все известные методы химического и физического анализа. При выборе метода для решения этой задачи необходимо учитывать значения

загрязнений воздуха (пыль, туманообразователи). Кроме того, выбор зависит от предлагаемой влажности, требуются ли отдельные разовые пробы или непрерывный анализ.

В разовых пробах влажность воздуха можно определять гравиметрическим методом.

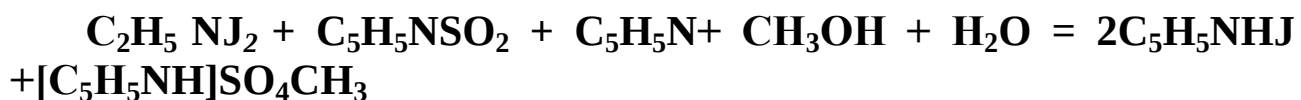
При пропускании пробы воздуха через заполненную осушителем предварительную взвешенную трубку водяной пар поглощается осушителем. В качестве осушителя используются NaOH, CaCl<sub>2</sub>, Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Из методов объемного анализа можно отметить алкаиметрический метод с помощью нитрида магния, а также титрования по методу Карла Фишера.

При пропускании влажного воздуха через нитрид магния образуется NH<sub>3</sub>:



NH<sub>3</sub>, выделяющийся в результате реакции, поглощается 0,05н. растворов HCl с последующим титрованием. Смешанный со стекловатой Mg<sub>3</sub>N помещают в U-образную трубку, которую сначала продувают для удаления следов NH<sub>3</sub> в течение 30 мин, а затем пропускают через нее пробу воздуха со скоростью 3-5 л/ч.

Метод титрования по Фишеру основан на реакции воды с I<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> в присутствии пиридина и метанола и исчезновении коричневой окраски йода:



Для небольших количеств воздуха можно использовать газохроматографические методы. Для быстрых определений удобна индикаторная заполненная коллоидным раствором селена в концентрированной серной кислоте. Первоначальный желтый цвет изменяется на красный в результате увеличения размера частиц за счет поглощения воды.

Однако в большинстве случаев для анализа влажности воздуха применяются непрерывно работающие приборы, устанавливаемые в соответствующих местах, которые показывают и регистрируют характерную для данного участка влажность воздуха.

Наиболее часто все еще используется простой волосной гигрометр, принцип действия которого основан на изменении длины обезжиренного волоса (удлинение на 2% при изменении

относительной влажности от 0 до 100%), которое передается на стрелку прибора. Однако этот процесс длителен, а нагревание до температуры, превышающей 60°C, ведет к необратимым изменениям волоса. Несмотря на это, волосные гигрометры благодаря простоте и дешевизне находят широкое применение на небольших метеостанциях.

В психрометре воздух пропускается мимо двух термометров, один из которых соприкасается с окружающим воздухом, тогда как резервуар другого обернут материей, постоянно поддерживаемой в сильно увлажненном состоянии. В результате охлаждения при испарении обоими термометрами возникает разность температур, тем больше, чем ниже относительная влажность воздуха. Для определения точки росы проба воздуха направляется на поверхность зеркала, обратная сторона которого охлаждается. При достижении точки росы поверхность зеркала внезапно мутнеет, измеряется температура поверхности зеркала, результаты сравниваются с исходной температурой пробы воздуха.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какова должна быть концентрация кислорода в рабочих помещениях и какие методы существуют для определения его концентрации.
2. Как образуется озон в природе и в технических процессах и он как влияет на здоровье человека? Опишите образование озона в технических процессах.
3. Какие методы существуют для анализа озона? Перечислите методы анализа озона и кратко охарактеризируйте.
4. Какие методы существуют для определения влажности воздуха и при выборе метода какие факторы необходимо учитывать? Перечислите методы определения влажности воздуха и кратко опишите каждый метод.
5. Какие методы используются для быстрого определения влажности воздуха? Перечислите эти методы определения влажности воздуха и кратко опишите каждый метод.
6. Для чего используется простой волосной титрометр и на чем основан принцип действия этого прибора? Укажите преимущества и недостатка этого прибора.

## **Лекция № 8. СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА. (2 часа.)**

### **Сероводород**

Сероводород образуется в природе в результате разложения серосодержащих веществ природного происхождения, в особенности растительных и животных аминокислот. Он присутствует в кишечных газах и выделяется вместе с  $\text{NH}_3$  из ям для навозной жижи, выгребных уборных. В небольших количествах он содержится во многих природных газах [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274.

В промышленности  $\text{H}_2\text{S}$  встречается в неочищенном коксовом газе, водяном газе, а также во многих природных газах. Он присутствует в качестве загрязнения в отходящих газах предприятий - изготовителей натронной целлюлозы, искусственного шелка, вискозного штапельного полотна и каучука  $\text{CS}_2$ , сернистых красителей. Кроме того, он является обычным продуктом отброса при очистке нефти и производстве каменноугольной смолы.

$\text{H}_2\text{S}$  токсичен и действует как клеточный или ферментный яд.

### **Методы определения сероводорода**

Известен способ определения  $\text{H}_2\text{S}$  с помощью пропитанной ацетата свинца бумаги, который может быть использован для количественного определения. При этом пропитанные ацетатом свинца бумажные полосы (5x1 см) вкладывают в специальные устройства для просасывания воздуха, Пробы воздуха просасывают насосом до появления отчетливого окрашивания бумаги, сравнивают с контрольными образцами.

Особый интерес представляет определение серосодержащих загрязнения воздуха ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ , меркаптан) с помощью пламенно-фотометрических детекторов, основанное на окрашивании в синий цвет пламени в присутствии серосодержащих компонентов воздуха.

### **Диоксид серы**

$\text{SO}_2$  встречается в природе в значительных концентрациях только в вулканических газах. Однако он- самое распространенное и важное по своему воздействию вредное вещество из числа промышленных и бытовых загрязнения атмосферы.  $\text{SO}_2$  неизменно образуется при сгорании S-содержащих веществ присутствует в отходящих газах,

образующихся при сжигании S-содержащих видов топлива при производстве тепла, пара или электрической энергии. Кроме того, он образуется при обжиге сульфидсодержащих руд, а также при спекании измельченных S-содержащих руд. В химической промышленности  $\text{SO}_2$  образуется чаще всего на заводах по производству  $\text{H}_2\text{SO}_4$  контактным методом как остаток  $\text{SO}_2$ , не превращенный в  $\text{SO}_3$ .

### **Методы определения $\text{SO}_2$**

Для быстрого определения высоких концентраций  $\text{SO}_2$  на рабочем месте, к точности результатов анализа не предъявляется особо жестких требований, с успехом применяются индикаторные трубки, где содержание  $\text{SO}_2$  устанавливается по окрашиванию крахмала в синий цвет элементарным йодом, выделяющимся из йода в присутствии  $\text{SO}_2$ .

Для определения больших количеств  $\text{SO}_2$ , например, в среднесуточных пробах, можно использовать титриметрические методы или обычное весовое определение через  $\text{BaSO}_4$ .

Определение более высоких концентраций  $\text{SO}_2$ , например, в отходящих газах, можно проводить методом ИК спектроскопии.

Широко используются непрерывно регистрирующие приборы, основанные преимущественно на измерении электропроводности. Их можно устанавливать в передвижных лабораториях, что позволяет быстро доставлять их в нужное место. Действие других автоматических приборов основано на колориметрическом, потенциометрическом или кулонометрическом принципе.

Для улавливания тумана  $\text{H}_2\text{SO}_4$  вместе с кислыми адсорбатами в саже и дыме пробу пропускают через двойной слой фильтровальной бумаги и поглощенную бумагой кислоту титруют потенциометрически 0,002 н. NaOH

### **Азотосодержащие загрязнения воздуха**

Основными N-содержащими загрязнениями воздуха являются  $\text{NH}_3$ , гидразин  $\text{H}_2\text{NNH}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{NO}_2$ .

Аммиак присутствует в воздухе в следовых количествах как в свободном состоянии, так и в виде солей аммония. Он является естественным конечным продуктом гниения N-содержащих органических веществ. В больших количествах он образуется при разложении мочевины и поэтому наряду с  $\text{H}_2\text{S}$  в высоких концентрациях содержится в воздухе у помоек, сточных канав,

уборных, хлебов и выгребных ям.

$\text{NH}_3$  широко применяют в химической промышленности, поэтому он часто присутствует в атмосфере самых различных рабочих мест. Помимо производственных цехов синтеза  $\text{NH}_3$  его можно обнаружить на коксовых печах и при переработке побочных продуктов коксообразования, при сильнейшей переработке  $\text{NH}_3$  в  $\text{HNO}_3$  и удобрения всех типов,  $\text{HCN}$ , мочевины, при производстве пластмасс и лекарственных препаратов. Используется в холодильной технике.

$\text{NH}_3$ , как сильно раздражающий газ, действует на слизистую оболочку рта и носа и на верхние дыхательные пути.

Для определения  $\text{NH}_3$  в воздухе используются основные свойства его путем измерения его расхода на взаимодействие с кислотой путем пропускания пробы воздуха через раствор кислоты с известным титром. Чтобы упростить определение, можно пропускать пробу воздуха через кислоту до нейтрализации, что устанавливают по изменению окраски индикатора; объем пропущенного через кислоту воздуха будет в этом случае показателем содержания в нем  $\text{NH}_3$ :

Для определения  $\text{NH}_3$  в количествах, близких к ПДК используются известные в аналитической химии методы анализа, в частности колориметрические.

Гидразину впервые стали уделять внимание во время второй мировой войны, когда его начали использовать в качестве ракетного топлива. Благодаря своей восстанавливающей способности он применяется в лабораториях как реактив, а в технике — преимущественно для удаления растворенного кислорода при обработке воды.

Токсичное действие свободного гидразина сходно с действием  $\text{NH}_3$ , существенно сильнее.

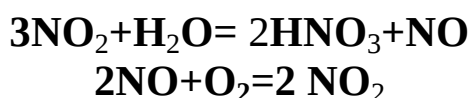
Малые количества гидразина определяют фотометрически, а в ракетной топливе — непрерывно кулонометрически.

Оксид азота  $\text{N}_2\text{O}$  (закись азота, *веселящий* газ) не оказывает большого влияния на загрязнение воздуха. Образуется при многих реакциях разложения азотсодержащих органических и неорганических веществ, в значительных количествах  $\text{N}_2\text{O}$  содержится в газообразных продуктах сгорания взрывчатых веществ и в отходящих газах процессов окисления  $\text{HNO}_2$ ; в малых концентрациях  $\text{N}_2\text{O}$  образуется при получении  $\text{HNO}_3$  путем сжигания  $\text{NH}_3$ , также при производстве удобрений во время нагревания  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Для определения  $N_2O$  в воздухе используют ИК-масс-спектрометрию, также газовую хроматографию.

Оксид азота (I) и диоксид азота. Оксид азота (NO) является сопутствующим продуктом всех процессов горения и взрыва, при которых в избытке присутствует кислород. Это образование NO в бензиновых дизельных двигателях, в выбросах газовых турбин, теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), работающих на каменном угле, возникновение опасных концентрации NO при автогенной и электросварке в закрытых помещениях. Известно образование NO и  $NO_2$  во время грозы, а также в табачном дыме.

Образование нитрозных газов производства  $HNO_3$ :



Поскольку полная утилизация NO невозможна, отходящие газы установок старого типа содержат до 0,3-0,4% об. NO, тогда как у современных абсорбционных установок, работающих под давлением, этот показатель составляет 0,1-0,2% об.

NO оказывает вредное воздействие на гемоглобин, который превращается в нитрозогемоглобин или метгемоглобин.

$NO_2$  оказывает отрицательное действие на слизистую оболочку дыхательных путей.

Для анализа  $NO_2$  могут быть использованы методы, с помощью которых определяют как сумму этих окислов, так и содержание только NO или  $NO_2$ .

Методы суммарного определения оксидов азота при высоких *концентрациях* основаны на превращении всех оксидов азота в  $HNO_3$ , содержание которой можно определять аналитическими методами.

Раздельное определение высоких концентраций NO проводят с помощью ИК-спектрометрии. Содержание  $NO_2$  определяют спектрометрическим методом в видимой части спектра. Для малых объемов используют газоматографический метод с применением детектора электронного захвата.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Для чего используется психрометр? Кратко опишите принцип действия, укажите преимущества и недостатки этого прибора.
2. Как образуется сероводород в природе и промышленности и какие имеет свойства? Дайте характеристику этому веществу и напишите

известный способ определения сероводорода с помощью пропитанной ацетатом *свинца бумаги*.

3. Как образуется диоксид серы в природе и промышленности и какие методы существуют для быстрого определения диоксида серы? Перечислите методы определения диоксида серы и кратко охарактеризируйте каждый метод.

4. Какие вещества являются основными азотсодержащими загрязнениями воздуха? Перечислите эти вещества и дайте характеристику каждому веществу, также опишите методику определения.

5. Какие вещества являются основными углеродсодержащими загрязнениями воздуха? Перечислите эти вещества и опишите вредные свойства, также опишите методику определения.

6. Какие вещества являются основными органическими загрязнениями воздуха? Перечислите эти вещества и опишите вредные свойства, также опишите методику определения.

## **Лекция № 9. УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА. (2 часа)**

### **Диоксид углерода**

CO<sub>2</sub> является нормальной составной частью воздуха, необходимой для жизнедеятельности растений. Благодаря способности поглощать луч солнечного света, CO<sub>2</sub> имеет большое значение для нагрева атмосферного воздуха [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274..

За последнее столетие концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе значительно возрос, что может привести к общему повышению температуры из-за поглощения тепловых лучей, что мешает их отражению от поверхности Земли. Однако такой эффект (парниковый) может быть компенсирован уменьшением излучаемого солнцем тепла вследствие увеличения содержания в воздухе пыли и аэрозолей.

В свободной атмосфере почти не встречаются вызывающие опасения концентрации CO<sub>2</sub>, поэтому в атмосферном воздухе его определяют редко. Так как CO<sub>2</sub> в 1,5 раза тяжелее воздуха, он скапливается в полузакрытых помещениях. Дымовые газы могут содержать до 20% CO<sub>2</sub> в зависимости содержания O<sub>2</sub> в воздухе. Обычным признаком насыщенности атмосферы CO<sub>2</sub> служит угасание свечи при концентрации более 8% CO<sub>2</sub>. При концентратах более 2%

CO<sub>2</sub> пламя свечи приобретает красноватый оттенок. В автомобильном выхлопе содержится 7-13% об. CO<sub>2</sub>.

Приближенное определение концентраций CO<sub>2</sub> можно проводить с помощью индикаторных трубок. Более точные анализы проводят с помощью кислотно-основного титрования, т.е. обработкой пробы воздуха титрованным раствором Ca(OH)<sub>2</sub> или Ba(OH)<sub>2</sub>. После чего раствор медленно титруют 0, раствором HCl в присутствии фенолфталеина. Используются также газохроматографические методы. Содержание CO<sub>2</sub> в воздухе (в об) рассчитывают по формуле;

$$X = \frac{1000 (N-n)}{V_0},$$

N- объем HCl, израсходованный на титрование холостой пробы;

n - объем HCl, израсходованный на титрование рабочей пробы;

V<sub>0</sub>- объем воздуха при н.у.

$$V_0 = \frac{(V-100)(B-W)*273}{760*(273+t)},$$

V - объем склянки для отбора пробы;

B - барометрическое давление, мм рт. ст.;

W - давление паров воды, мм.рт.ст.;

t- температура воздуха, °C.

### Оксид углерода СО

Является токсичным представителем бытовых, транспортных и промышленных загрязнений. Он образуется всегда при сжигании углеродсодержащих веществ в присутствии недостатка O<sub>2</sub>. Поэтому содержится во многих отходящих газах, в выхлопных газах автомобилей, дымовых газах.

Отравляющее действие СО основывается на способности образовывать с гемоглобином относительно устойчивое комплексное соединение карбоксигемоглобина, аналогичное оксигемоглобину. Образование карбоксигемоглобина обратимо: при достаточном доступе воздуха в легкие он снова превращается в оксигемоглобин. Поэтому СО - сильный яд.

Для быстрого полуколичественного обнаружения опасных концентраций СО применяются различные индикаторы утечки газа. При этом используется Ъ реакция восстановления молибдата аммония

до молибденовой сини в присутствии CO на катализаторе PdCb.

На производствах, где имеют место частые выбросы CO, наиболее целесообразно использовать автоматические приборы, действие которых основано на измерении теплоты, выделяющейся при каталитическом сжигании CO.

Серооксид углерода (COS) и сероуглерод (CS<sub>2</sub>) весьма ядовиты. Основным методом определения является газохроматографический, где может быть разделена смесь COS, воздуха, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.

Из других неорганических загрязнений атмосферного воздуха интерес представляет галогены (F, Cl, Br), хлористый водород (HCl), металлы (мышьяк, свинец, ртуть).

Основными источниками промышленных загрязнений фтором являются: заводы фосфорных удобрений (сырье фосфорит содержит до 4% F); заводы по производству Al электролитическим способом (криолит Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, AlF<sub>3</sub>); металлургические заводы, использующие плавиковый шпат CaF<sub>2</sub>, иногда сами руды содержат большое количество фторидов; сырье для производства кирпича и др. изделий из глины содержит CaF<sub>2</sub>, который при высоких температурах выделяется в виде HF.

Очистка отходящих газов от фтористых соединений имеет не только экологическое значение, но и экономическое - использование утилизированного фтора.

Отходящие газы суперфосфатных и алюминиевых заводов улавливаются и промываются водой в распылительных башнях, промывателях, а металлургических - обрабатываются известковой пылью.

Основной метод определения - индикаторные трубки.

Хлор является одним из важнейших продуктов химической промышленности: производства хлорсодержащих органических веществ, среди которых основная доля приходится на полимеры, инсектициды, гербициды. Он используется как отбеливающее средство в целлюлозно-бумажной промышленности и при стирке белья, а также при дезинфекции питьевой и идущей на бытовые нужды воды.

Наиболее распространенный метод определения Cl основан на использовании о-толидина, который применяется также для анализа воды.

Газообразный HCl как сильная кислота оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки, однако в остальном не обладает

специфическими ядовитыми свойствами.

Для его определения могут служить любые классические методы.

Свинец встречается в загрязненном воздухе не только в виде пыли, но и в виде паров свинецсодержащих соединений.

Особую опасность представляет загрязнение воздуха тетраэтилсвинцом, добавляемым в автомобильный бензин в качестве детонатора.

Для улавливания свинца воздух просасывают через бумажный фильтр. Свинец извлекают, обрабатывая фильтр разбавленной  $\text{HNO}_3$  с добавлением  $\text{H}_2\text{O}_2$  и определяют колориметрически или полярографически.

Частое применение Hg в физических приборах, а иногда в качестве электролита приводит к загрязнению воздуха на рабочих местах. Кроме того, многие препараты на основе ртути служат лечебными средствами или инсектицидами.

Разовые определения проводят колориметрическим методом. Очень чувствительным и удобным является непосредственное определение паров ртути методом атомной абсорбции с помощью специальных приборов.

### ***Анализ органических загрязнений воздуха***

#### **Метан и другие алифатические углеводороды**

Метан относится к постоянным сопутствующим веществам атмосферного воздуха и поэтому его можно обнаружить даже в тех местах, где отсутствуют местные загрязнения природным газом, либо промышленными отходящими газами [3] Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, Anal. Chim. Acta 2003, 267-274.

Метан содержится в природном газе в концентрациях до 99%, а также в рудничном и болотном газах в виде продукта анаэробного разложения органических соединений углерода. Кроме того, он содержится в больших количествах в отходящих газах при очистке сточных вод, а также промышленных топочных газах.

Смеси метана с воздухом взрывоопасны; пределы взрываемости 5-14%  $\text{CH}_4$ .

Метан и высшие алифатические углеводороды можно определять методом газовой хроматографии

Синильная кислота (HCN) является ядовитым веществом, широко применяемым в органическом синтезе, а также для борьбы с

насекомыми и крысами в закрытых помещениях.

Цианиды в больших количествах применяются при извлечении золота из руд в гальванотехнике.

HCN очень ядовит; одна капля жидкой HCN, попавшей в рот, вызывает смерть через несколько секунд.

Альдегиды являются источниками загрязнения воздуха как составная часть выхлопных газов автомобилей. Они являются промежуточными продуктами, используемыми в производстве пластмасс, синтетического волокна, особенно многообразно применение формальдегида. Он служит дезинфицирующим и консервирующим веществом, средством борьбы с вредителями сельского хозяйства, используется в производстве пластмасс.

Формальдегид является сильным раздражителем слизистых оболочек. Его действие отличается не столько токсичностью, сколько вызывает неприятные ощущения

Алифатические хлорированные углеводороды (особый интерес представляют  $C_1$ - $C_3$ , содержащие 1-4 атома Cl) используются в качестве хладагентов, огнетушительных средств, препаратов для наркоза, растворителей в производстве жиров и масел, для химической чистки, в быту как чистящие и пятно выводящие средства. Токсичное действие носит наркотический характер, а также они оказывают вредное воздействие на печень.

Ароматические углеводороды (бензол, толуол и ксилолы) часто являются загрязнителями воздуха. Как составные части моторного топлива и, следовательно, выхлопных газов автомобилей, они попадают в наружный воздух; широко используются как растворители жиров, лаков и инсектофунгицидов, а также средств по обработке почвы.

Фенол как загрязнение воздуха встречается на многих производствах. В качестве побочного продукта фенол образуется на коксовых заводах, при полукоксовании бурого угля и при использовании смолы из него, при производстве и переработке пластмасс на основе фенола. Следы фенола обнаруживаются в выхлопных газах автомобилей, в табачном дыму.

Примерно 40 лет назад был обнаружен целый ряд многоядерных ароматических углеводородов, среди них прежде всего 3,4-бензпирен, которые после частого нанесения на кожу мышей вызывали у них через 2-3 месяца рак кожи; в экспериментах на других животных они вызывали также злокачественные

новообразования других органов.

Статистические исследования показали, что рак легких чаще возникает у городских жителей и у курильщиков, нежели у жителей сельской местности и у некурящих. Химики-аналитики обнаружили в воздухе городов с развитой промышленностью и оживленным автомобильным движением, а также в табачном дыме присутствие канцерогенных углеводородов. 3,4-бензпирен сравнительно быстро удаляется из легких

Все органические соединения могут быть анализированы газохроматографическими методами

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какие методы существуют для определения концентрации  $\text{CO}_2$  и какие из них являются более точными? Опишите каждый метод определения концентрации диоксида углерода.
2. Какие методы существуют для определения концентрации оксида углерода? Перечислите методы определения и охарактеризируйте.
3. Какие вещества являются представителями из других неорганических загрязнений атмосферного воздуха? Назовите их имена и дайте характеристику каждому веществу.
4. Какие основные методы существуют для определения неорганических компонентов сточных вод? Перечислите эти методы и их кратко охарактеризируйте.
5. На чем основан фотометрический метод определения неорганических компонентов сточных вод? Приведите примеры по фотометрическим методам определения из неорганических компонентов сточных вод и опишите методику определения.
6. Какие методы используют при анализе концентрированных сточных вод? Назовите эти методы и дайте характеристику каждому методу.

### **Лекция № 10. АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД. (2 часа)**

Сточные воды - стоки бытовые, производственные, атмосферные - содержат обычно множество неорганических и органических компонентов, причем точный состав их не всегда можно заранее предвидеть. Даже при простом смешивании стоков из разных цехов одного предприятия происходят химические реакции между компонентами этих стоков, приводящие к образованию новых

веществ. Поэтому при появлении нового вида сточных вод, возникающих не только при создании новых производств, но и при создании нового технологического процесса и даже при любом существенном изменении технологическом процессе, требуется предварительное исследование [6] Методы анализа загрязнений воздуха. М., Химия, 2011. С. 123-145.

### **Физико-химические методы анализа сточных вод**

Основные методы определения неорганических компонентов сточных вод: фотометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия и пламенно-эмиссионная спектрометрия.

В фотометрических методах анализа измеряют поглощение света анализируемым раствором обычно после введения в него реактива, реагирующего с определяемым компонентом сточной воды с образованием интенсивно соглашающего свет соединения.

Применяемые в фотометрии приборы состоят из четырех частей, последовательно расположенных одно за другой: источник света, света фильтр или монохроматор, кювета с раствором, детектор (фотоэлемент, превращающий энергию излучения в электрическую).

Конструкции приборов зависят от того, в какой области спектра (ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной) проводят измерения. Источником видимого излучения служит обычная электрическая лампа, для получения УФ-излучения применяют водородную лампу.

Обычно для проведения анализа выбирают излучение в той области длин волн, в который определяемые соединение имеет максимальное светопоглощение, а примеси – минимальное.

В спектрофотометрах с помощью монохроматора выделяют очень узкий пучок света (шириной 1-2нм), и в них имеется специальное приспособление, с помощью которого вчерчивается кривая светопоглощения при непрерывном переходе с малых длин волн излучения к большим. В фото калориметрах для той же цели (выделения излучения нужной длины) применяют светофильтры, пропускающие поток света значительно большей ширины (20-50нм). Спектрофотометры, конечно, более пригодны для проведения точных исследований, но они значительно дороже и мене доступны, чем фотокалориметр.

В анализе сточных вод измерения проводят чаще всего в видимой области спектра (т.е. измеряют светопоглощение окрашенных или мутных растворов), значительно реже- в УФ области. ИК-

спектрометрию используют в основном для идентификации и установления структуры органических соединений.

Фотометрические методы анализа обязательно включают холостой опыт для устранения влияния посторонних веществ. Существует два типа холостых опытов, друг- друга не заменяющих: 1) холостой опыт с дистиллированной водой взамен анализируемого раствора при добавлении всех требуемых реактивов; так исключается влияние свето поглощения реактивами; 2) холостой опыт с анализируемым раствором без добавления реактивов; так исключается влияние посторонних веществ, присутствующих в самой анализируемой пробе. Иногда эти два типа холостого опыта совмещаются: к анализируемой пробе прибавляют все требуемые реактивы, кроме одного, без которого окрашенное соединение не создается. Это самый лучший способ, но и он часто не достигает цели, так как исключенный реактив может оказаться сильно поглощающим излучение. В этих случаях следует провести два холостых опыта (первого и второго типа), и результаты их вычесть из результата определения.

### **Атомно-абсорбционная спектрометрия**

Метод основан на поглощении ультрафиолетового или видимого излучения атомами газа. Чтобы перевести пробу (хотя бы частично) в газообразное атомное состояние, ее вспыскивают в пламя. В качестве источника излучения применяют лампу с полным катодом их определяемого металла. Интервал длин волн спектральной линии, испускаемой источником света, и линии поглощения того же самого элемента в пламени очень узок, поэтому мешающее поглощение других элементов практически не сказывается на результатах анализа.

Существенным отличием атомной абсорбции от пламенно эмиссионной спектрометрии является то, что в последнем методе измеряется излучение, из спускаемой атомами в возбужденном состоянии в пламени, а атомная абсорбция основана на измерении излучения, поглощенного нейтральными, невозбужденными атомами, находящимися в пламени, которых в пламени во много раз больше, чем возбужденных. Этим объясняется высокая чувствительность метода при определении элементов имеющих высокую энергию возбуждения, т.е. трудно возбуждающихся. С другой стороны, элементы легко возбуждающиеся будут очень эффективно и спускать

излучение, если их поместить в высокотемпературное пламя, и их с большей чувствительностью можно определять методом эмиссионной спектрометрии. Наибольшую чувствительность атомно-абсорбционная спектроскопия проявляет при определении As, Be, Bi, Cd, Hg, Mg, Pb, Te, Zn, Cs, In. Значительно большую чувствительность эмиссионный метод показывает при определении Li, K, Na, Ba, Sr, Tl. Чувствительность определения других элементов (не учитывая редких) примерно одинакова при определении их обоими методами.

В принципе атомно-абсорбционная спектрометрия подобно обычной спектрофотометрии аналогична и используемая в обоих методах аппаратура. В обоих методах излучение пропускают через анализируемую пробу, которая частично его поглощает, а пропущенный свет проходит через монохроматор и попадает на фотодетектор-регистрирующее устройства, отмечающие количество пропущенного или поглощенного света. Различия этих методов - в источнике света и в кювете для пробы.

Источником света в ААС служит лампа с полым катодом, испускающая свет, имеющий очень узкий интервал длин волн, порядка 0,001 нм. Линия поглощения определяемого элемента несколько шире испускаемой полосы, что позволяет измерять линию поглощения в ее максимуме. Прибор содержит необходимый набор ламп, каждая лампа предназначена для определения только одного какого-либо элемента. Существуют лампы, предназначенные для определения нескольких элементов (например, Mg, Ca, Al), но применение их не рекомендуется.

«Кюветой» в ААС служит само пламя. Поскольку в ААС соблюдается закон Бега, чувствительность метода зависит от длины поглощающего слоя пламени, которая должна быть постоянной и достаточно большой. Применяют специальные щелевые горелки с узкой щелью длиной от 5 до 10 см.

При атомизации элемента в пламени небольшая часть его атомов может возбудиться и испускать свет. Поскольку длины волн испускаемого и поглощаемого света совпадают, то свет, испускаемый в пламени, будет накладываться на излучение, прошедшее через пламя, что искажает получаемый результат. Для того чтобы этого затруднения избежать, в приборе имеется так называемый модулятор.

Источники пламени. Применяют пламя, для получения которого в качестве горючего используют ацетилен, пропан или водород, а в

качестве окислителя-воздух, кислород или оксид азота(I). Выбранная газовая смесь определяет температуру пламени. Воздушно-ацетиленовое пламя и воздушно-пропановое имеют низкую температуру (2200-2400°C). Такое пламя используют для определения элементов, соединения которых легко разлагаются при этих температурах. Таких элементов большинство, и потому в дальнейшем если нет специальных указаний, предполагается использование воздушно-ацетиленового пламени. Воздушно-пропановое пламя используют тогда, когда имеются затруднения в получении ацетилена; такая замена осложняет работу, поскольку в техническом пропане имеются примеси, загрязняющие пламя. При определении элементов, образующих трудно диссоциирующие соединения, используют высокотемпературное пламя (3000-3200°C), создаваемое смесью оксид азота (I)-ацетилен. Такое пламя необходимо при определении алюминия, бериллия, кремния, ванадия и молибдена. Для определения мышьяка и селена, превращенных в их гидриды, требуется восстановительное пламя, образующейся сжиганием водорода в аргоно-воздушной смеси. Ртуть определяют «беспламенным методом», поскольку она может существовать в парообразном состоянии и при комнатной температуре.

Мешающее влияние. Мешающих влияний при использовании атомно-адсорбционной спектроскопии немного, проявляются они редко, что и является одним из главных преимуществ этого метода. Упомянем «химическое влияние», состоящее в том, что в пламени образуются термостойкие соединения, молекулы которых не поглощают излучения. Происходит так называемое «гашение», и результаты получаются заниженными. Это наблюдается, например, при определении магния, если присутствуют фосфаты, а также при определении марганца в присутствии кремнекислоты, в первом случае затруднение преодолевается введением соли лантана, во втором случае- добавление соли кальция.

Другой причиной появления систематических ошибок является уменьшение концентрации свободных атомов в следствие их ионизации. Это явление наблюдается при определении малых содержаниях элементов низкими потенциалами ионизации, например, щелочных металлов, и может быть устранено введением в пробу элемента, имеющего еще меньше потенциал ионизации, например, при определении бария вводят натрий или калий.

При определении ртути беспламенным методом мешающее

влияние могут оказать их летучие органические вещества, поглощающие свет при  $\gamma=253,7$  нм. В таких случаях определения проводят дважды: сначала в обычных условиях, потом, второй раз, в окислительных условиях, т.е. без прибавления хлорида олова (II). Истинное содержание ртути определяют по разности между полученными результатами.

При анализе концентрированных сточных вод используют титрометрические методы анализа с применением как цветных индикаторов для фиксирования конца титрования, так и специальных приборов -электрохимических (потенциометрическое титрование, амперометрическое,кондуктометрическое) и оптических (колориметрическое).

Полярографические методы анализа широко используют в лабораториях предприятий цветной металлургии для определения Си, Ni, Co, Zn, Bi, Cd, Sb, Sn и других металлов в рудах, металлах, полупродуктах и отходах производства.

### **Предварительные операции**

#### ***I. Концентрирование микропримесей***

##### **1. Выпаривание**

Это самый простой способ концентрирования и вполне доступный. Так легко увеличить концентрации растворенных веществ в 10-1000 раз.

##### **2. Соосаждение**

Один из самых эффективных методов концентрирования при определении неорганических веществ. Так можно выделить очень малые количества определяемого металла из большого объема сточной воды. В анализируемую пробу сточной воды вводят в достаточном количестве соль другого металла и осаждают последний подходящим реактивом. Выпавший осадок растворяют и анализируют.

##### **3. Экстракция.**

При взбалтывании водного раствора определяемого компонента сточной воды с подходящим органическим растворителем этот компонент в большей своей части должен перейти в органический растворитель.

##### **4. Сорбция.**

Сорбционные методы выделения примесей из вод основаны на распределении их между жидкой и твердой фазой. Для достаточно полного извлечения сорбент (твердая фаза) должен обязательно

иметь развитую поверхность и поры определенного размера. В качестве нейтрального сорбента широко используют активированный уголь. Однако сочетание в нем развитой поверхности с наличием небольших количеств каталитически активных металлов приводит к протеканию в ходе сорбции и после нее различных каталитических процессов, в результате которых компонентный состав исследуемой смеси может меняться. Поэтому для сорбционного концентрирования в аналитических целях предпочитают применять макросетчатые пористые синтетические сорбенты, синтезируемые на основе стирола и дивинилбензола.

Макросетчатые пористые синтетические сорбенты незначительно набухают в органических растворителях, обладают высокой механической прочностью, химически устойчивы. В аналитической практике применяют сорбенты неполярные (амберлиты ХАД-1, ХАД-2 и ХАД-4), средней полярности (ХАД-7, ХАД-8) и высокополярные (ХАД-11, ХАД-12).

Отечественная промышленность выпускает синтетические смолы Полисорб 42/100, являющиеся аналогом ХАД-2.

## **5. Вымораживание воды.**

Основано на том, что при замерзании части водного раствора растворенные компоненты остаются в жидкой фазе. Этот метод пригоден для концентрирования веществ, обладающих достаточной растворимостью в воде при низких температурах, и в особенности гидрофильных веществ, трудно извлекаемых из воды другими методами. В простейшем случае сосуд с анализируемой водой помещают в холодильник-морозильник с температурой камеры  $-12^{\circ}\text{C}$  в баню с охлаждающей смесью и вымораживают основную массу воды.

По Бейкеру, исследуемую воду помещают в круглодонную колбу, под углом  $60^{\circ}$  погружают в охлаждающую смесь с температурой  $-12^{\circ}\text{C}$  и вращают с частотой 80 об/мин. Вымораживание по Бейкеру проводят до замерзания  $\sim 9/10$  раствора. Хладоагентами могут быть солевой раствор, фреоны, жидкий аммиак.

### ***II. Отбор и консервирование проб***

Результаты анализа сточной воды будут правильными только в том случае, если проба для анализа отобрана верно. Состав сточных вод обычно сильно колеблется и всецело зависит от технологического процесса производства. Поэтому необходимо перед отбором пробы

подробно изучить этот процесс и брать средние пробы в течение одних или нескольких суток.

Средняя проба должна быть составлена из равных количеств жидкости, взятой через одинаковые промежутки времени. Средние пробы обычно берут в течение суток, сливая отдельные порции в большие чисто вымытые бутылки. По истечении суток содержимое бутыли тщательно перемешиваются и для анализа отливают часть жидкости (1-3 л) в чисто вымытую посуду.

Посуда и пробки, применяемые для отбора проб, должны быть тщательно вымыты, причем посуду моют сначала теплой водой, потом хромовой смесью. Очищенный сосуд тщательно отмывают от хромовой смеси водой, так как в нем не должно остаться даже следов кислоты. Перед отбором пробы посуду надо 2- 3 раза ополоснуть исследуемой сточной водой.

При длительном стоянии отобранной для анализа пробы могут произойти существенные изменения в составе предназначенной для анализа воды. Поэтому, если нельзя начать анализ воды сразу или в крайнем случае через 12 ч после отбора пробы, нужно консервировать пробу для стабилизации ее химического состава. Универсального консервирующего вещества не существует. Для полного анализа воды обычно требуется отобрать пробу в несколько бутылей, в которых ее консервируют, добавляя различные вещества. Для определения содержания некоторых компонентов, например, сульфидов, сульфитов, диоксида углерода, следует брать пробы в отдельные бутылки для каждого из этих определений.

Консервирование сточных вод весьма затруднительно, так как консервант может оказывать мешающее действие.

Пробы для определения всех видов связанного азота, окисляемости, пиридина консервируют, прибавляя к ним  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:3) по 2 мл на 1л воды. Пробы для определения взвешенных веществ и сухого остатка консервируют, прибавляя к ним 2 мл хлороформа на 1 л воды.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Какие методы существуют для концентрирования микропримесей сточных вод и как они называются? Дайте характеристику каждому методу концентрирования примесей сточных вод.
2. Как проводят отбор проб сточных вод, чтобы проба для анализа отобрана верно? Опишите сущность методики отбора проб сточных вод и сделайте вывод.

3. Как проводятся подготовка пробы в лаборатории к выполнению анализа сточных вод? Опишите последовательность подготовки пробы в лаборатории к выполнению анализа сточных вод.
4. Что такой «сухой остаток» сточных вод и как его определяют? Опишите ход определения сухого остатка сточных вод и напишите формулу вычисления содержания сухого остатка сточных вод.
5. Что такой прокаленный остаток и в чем заключается цель определения прокаленного остатка сточных вод? Опишите ход определения прокаленного остатка и напишите формулу вычисления содержания прокаленного остатка сточных вод.
6. Что называется щелочностью воды и как её определяют? Перечислите вещества, вступающие с сильными кислотами, т.е. ионами водорода. Опишите ход определения щелочности воды по фенолфталеину и смешанным индикаторам.

### **Лекция № 11. ПОДГОТОВКА ПРОБЫ В ЛАБОРАТОРИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ АНАЛИЗА. (2 часа)**

Сточная вода - это обычно двухфазная система, чаще всего суспензия, реже эмульсия. Если вредные вещества, от которых сточная вода должна быть очищена перед спуском ее в водоем или общую канализацию, содержатся в твердой фазе, то эту фазу отделяют (отстаиванием, центрифугированием).

Если вредные вещества содержатся в жидкой фазе, то анализируемую воду надо предварительно отфильтровать.

Когда химическому анализу подвергается сточная вода, являющаяся суспензией, т.е. содержащая в жидкости твердые вещества, надо предварительно привести такую смесь в гомогенное состояние механическим перемешиванием мешалкой, тогда гомогенизированная проба остается однородной в течение 2 ч.

Порции гомогенизированной пробы отбирают на анализ пипеткой, опуская ее каждый раз до середины объема жидкости в стакане прибора. Когда в стакане останется меньше половины первоначального объема, отбор порции продолжать нельзя.

#### **1. Сухой и прокаленный остаток**

Сухой остаток - это масса остатка, получаемого выпариванием профильтрованной пробы сточной воды и высушиванием при 103-105°C.

Ход определения. В прокаленную, охлажденную и взвешенную фарфоровую чашку помещают 50-250 мл анализируемой сточной воды, предварительно профильтрованной. Воду выпаривают на водяной бане досуха, затем переносят чашку с остатком в сушильный шкаф и высушивают при 103-105°C до постоянной массы.

Содержание сухого остатка (х) в мг/л вычисляют по формуле:

$$X = \frac{[(a - b) * 1000]}{V}$$

а - масса чашки с сухим остатком, мг;

в - масса пустой чашки, мг;

V- объем анализируемой сточной воды, мл

Цель определения прокаленного остатка - получить содержание неорганических веществ в пробе (в мг/л), т.к. при прокаливании органические вещества удаляются, неорганические - остаются. Однако такое разделение далеко неточно. Вместе с органическими веществами при прокаливании удаляются CO<sub>2</sub> из карбонатов, все аммонийные соли.

Ход определения. Чашку с сухим остатком помещают в муфельную печь, предварительно разогретую до 575-600°C, и прокаливают 15-20 мин., затем дают остыть сначала на воздухе, потом в эксикаторе. После полного охлаждения чашку с остатком взвешивают. Прокаливание повторяют до достижения постоянной массы. Рассчитывают результат по той же формуле, что и при определении сухого остатка.

## 2. Щелочность

Щелочностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, т.е. ионами водорода. К этим веществам относятся:

1) Сильные основания, полностью диссоциирующие в разбавленных растворах с образованием гидроксид-ионов (NaOH, KOH),

слабые основания (NH<sub>3</sub>, анилин, пиридин)

анионы слабых кислот (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, HSO<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, HS<sup>-</sup>, S<sup>-2</sup>)

Ход определения. Если сточная вода мутная, ее надо отфильтровать, а если окрашенная - разбавить дистиллированной водой. Разбавление происходит в мерных колбах емкостью 100-200 мл. Сначала наливают в мерную колбу 20-30 мл дистиллированной воды, потом точно отмеренный объем анализируемой воды, раствор перемешивают, доливают дистиллированную воду до метки и снова

перемешивают. Взятый объем анализируемой воды учитывают при вычислении результата анализа.

В коническую колбу помещают 100 мл анализируемой воды, взятой непосредственно или предварительно разбавленной, приливают 5 капель фенофталина и содержимое колбы титруют соляной или серной кислотой до исчезновения розовой окраски. Израсходованное на титрование количество кислоты соответствует щелочности воды по фенолфталеину, т.е. содержанию в ней едких щелочей (NaOH, KOH) и анионов ( $CO_3^{2-}$ ,  $S^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SiO_3^{2-}$ ), дающих  $pH > 8,4$ .

Затем в колбу приливают 5-6 капель раствора метилового желтого или бромфенолового синего или смешанного индикатора. В другую коническую колбу наливают такой же объем анализируемой воды и столько же индикатора, сколько было введено в первый раствор. Обе колбы ставят на белую бумагу и титруют жидкость в первой колбе кислотой до тех пор, пока цвет ее не станет отличаться от цвета жидкости во второй колбе.

Расход титрованного раствора кислоты на второе титрование показывает содержание в воде слабых оснований и анионов ( $HCO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SH^-$ , анионы гуминовых кислот), дающих  $pH < 8,4$ .

Общее количество израсходованного на титрование раствора кислоты показывает общую щелочность анализируемой воды.

### 3. Кислотность

Кислотностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами (NaOH, KOH), т.е. гидроксил-ионами.

К этим веществам относят:

- 1) сильные кислоты, полностью диссоциирующие в разбавленных растворах с образованием ионов водорода (HCL,  $HNO_3$  и др);
- 2) слабые кислоты ( $CH_3COOH$ ,  $H_2CO_3$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_2S$ );
- 3) катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований).

Ход определения. К 50-100 мл анализируемой воды прибавляют 10 капель раствора тимолфталеина или фенолфталеина и титруют раствором NaOH до появления не исчезающего синего (при использовании тимолфталеина) или розового (при использовании фенолфталеина) окрашивания.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Что называется кислотностью воды и как её определяют? Перечислите вещества, вступающие с сильными основаниями, т.е. опишите ход определения кислотности воды по фенолфталеину и смешанным тимолфталеину.
2. На чем основан фотометрический метод определения цвета воды? Кратко охарактеризуйте методику определения цветности воды и выявите преимущества и недостатки этого метода.
3. На чем основан метод количественного определения запаха воды и какими словами его выражают. Опишите ход определения порогового числа и напишите уравнения определения порогового числа.
4. Как называют величину, которое количество кислорода в мг/л необходимое для полного окисления органических веществ, содержащихся в воде? Опишите методику определения этой величины и напишите формулу вычисления.
5. Как называют живые организмы участвующих в почвообразовании? Дайте характеристику каждому виду животных остатков микроорганизмами и для каких целей применяют его?
6. Как называется органическое вещество почвы, образовавшееся при разложении растительных и животных остатков микроорганизмами и для каких целей применяют его?

## **Лекция №12. СУММАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ. (2 часа)**

### **1. Цвет воды**

Рекомендуется определять измерением ее оптической плотности на спектрометре при различных длинах волн проходящего света [6] Методы анализа загрязнений воздуха. -М: Химия, 2011. С. 123-145.

При определении цветности пробы не консервируют. Определение через 2 часа после отбора пробы.

Исследуемую воду предварительно профильтровывают, отбрасывая первые порции фильтрата. Оптическую плотность измеряют при толщине слоя 10 см, вторую кювету прибора заполняют водой. Длина волны света, поглощаемого водой, является характеристикой ее цвета.

### **2. Запах воды**

Качественное определение запаха проводят как при комнатной температуре, так и при нагревании до 60°C в колбе, покрытой

часовым стеклом. Результат этого определения выражают описательно: хлорный – запах свободного хлора, землистый - запах влажной почвы, фенольный, запах нефти, аптечный, сероводородный, навозный, затхлый, запах гнилого сена, гнилостный.

Для количественного определения запаха находят так называемое пороговое число, выражающее во сколько раз надо разбавить анализируемую воду чистой, не имеющей запаха водой, чтобы запах пробы перестал ощущаться. Для разбавления следует применять водопроводную воду, предварительно пропущенную через колонку с активным углем. Дистиллированную воду применять не следует, т.к. она часто имеет запах.

Все определения надо проводить в комнате, куда не могут проникнуть какие-либо запахи. Аналитики не должны перед проведением испытания курить, принимать пищу, пользоваться духами, одеколоном, лосьонами и др. Они не должны в это время болеть насморком или страдать какой-либо аллергией. Сильно пахнущие сточные воды надо предварительно много раз разбавить и это разбавление учесть при расчете результата определения.

Определения запаха нельзя проводить дольше 1ч, потому что обоняние быстро притупляется.

Пороговое число находят следующим способом. В конические колбы вместимостью 500 мл, снабженные стеклянными пробками, наливают немного разбавляющей водой, затем вводят 2, 5, 10, 50, 150 мл анализируемой воды, разбавляют содержимое каждой колбы до 200 мл разбавляющей водой и перемешивают, закрыв стеклянной пробкой. Еще в одну колбу вместимостью 500 мл наливают 200 мл разбавляющей воды. Вынув пробки, попеременно подносят к носу то одну из колб с пробой, то колбу с чистой водой.

Определив таким способом приближенно наибольшее разбавление, при котором запах будет все же ощущаться, исходя из этого результата, проводят более точное измерение, приготовив вторую серию разбавленной пробы с меньшими разностями концентраций между соседними растворами. Наименьшее из разбавлений, при котором запах исчезает, есть пороговое число.

$$\text{Пороговое число} = \frac{A + B}{A}$$

где А - объем введенной анализируемой пробы, мл;

В - объем прибавленной разбавляющей воды, мл;

### 3. Химическое потребление кислорода (ХПК)

Теоретическим значением ХПК называют количество кислорода (или окислителя в расчете на кислород) в мг/л, необходимое для полного окисления содержащихся в пробе органических веществ, при котором углерод, водород, сера и фосфор и другие элементы (кроме азота), если они присутствуют в органическом веществе, окисляются до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ , а азот превращается в аммонийную соль. При этом кислород, входящий в состав окисляемых органических веществ, участвует в процессе окисления, а водород этих соединений отдает по 3 атома на каждый атом азота при образовании аммонийной соли.

Практически применяемые методы определения ХПК дают результаты очень близкие к ХПК теор., но могут несколько отклоняться в ту или иную сторону.

Ускоренный метод предназначен для постоянных ежедневных анализов, проводимых для контроля работы очистных сооружений или состояния воды в водоемах.

Если ХПК анализируемой воды - в пределах 400-500 мг/л кислорода берут для анализа 1 мл пробы, если ХПК 50-400 мг/л, отбирают 5 мл пробы.

В пробу вводят 2,5 мл 0,25 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 0,2 г  $\text{HgSO}_4$  и при перемешивании - концентрированную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . При этом температура раствор поднимается выше  $100^\circ\text{C}$ . Через 2 мин. раствор охлаждают до комнатной температуры, приливают 100 мл дистиллированной воды, вводят 3-4 капли раствора ферроина и оттитровывают избыток бихромата титрованным раствором соли Мора.

ХПК, выраженное числом мг  $\text{O}_2$  на 1л сточной воды, вычисляют по формуле

$$\text{ХПК} = \frac{(a + b) * N * 8 * 1000}{V}$$

a - объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте, мл;

b - объем того же раствора, израсходованного на титрование пробы, мл;

N - нормальность титрованного раствора соли Мора;

V - анализируемой сточной воды, мл;

8-эквивалент кислорода.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Из каких фаз состоит почва и как их называют? Как называются промежутки между частицами почвы, суммарный её объём?
2. Какие элементы входят в минеральную часть почвы и в какой форме в основном они находятся?
3. Какие источники загрязнения почвы являются основными канцерогенами и как они попадают в почву?
4. Чем отличаются принципы нормирования вредных веществ в почве от принципов, положенных в основу нормирования их для водоемов? Опишите и сопоставьте между принципами нормирования вредных веществ почвы и водоемов.
5. В программу почвенного мониторинга какие задачи, включены? Перечислите основные задачи, включенные в почвенный мониторинг и их о характеризуйте.
6. Какие мероприятия и методы используются в борьбе с болезнями и вредителями растений и их о характеризуйте.

### **Лекция № 13. АНАЛИЗ ПОЧВЫ. (2 часа)**

Почва - одна из составных частей окружающей нас среды. Важнейшее ее свойство - плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Это свойство играет первостепенную роль в жизни человека [7] Охрана почв -М: Изд. МГУ, 2012. С. 4-42.

Основными факторами образования почвы являются почвообразующие породы, растительность и животные организмы, климат, рельеф, возраст, вода (почвенная и грунтовая) и хозяйственная деятельность человека.

Почвообразующие породы- это субстрат, на котором образуются почвы; они состоят из различных минеральных компонентов, которые составляют 80- 90% массы почвы. От характера почвообразующих пород зависят физические свойства почвы (водо- и воздухопроницаемость, водоудерживающая способность).

Органические соединения почвы формируются в результате жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов. Среди этих компонентов основная роль в почвообразовательном процессе принадлежит растительности. В процессе отмирания растений и их частей органические вещества поступают в почву. На поверхности почвы они разлагаются под воздействием животных, бактерий и грибов.

В почвообразовании принимают участие как почвенные, так и наземные животные. Почвенные животные делятся на две группы: биофаги, питающиеся живыми организмами, сапрофаги, использующие в пищу мертвое органическое вещество. Огромная масса сапрофагов, поедая мертвые растительные остатки, выбрасывает в почву экскременты.

Растительные и животные остатки, попадая в почву, подвергаются сложным изменениям. Определенная часть из них распадается до  $\text{CO}_2$ , воды и простых солей (процесс минерализации). Другие переходят в новые сложные органические вещества почвы.

Микроорганизмы разлагают сложные органические и минеральные вещества на более простые. Органическое вещество почвы, образовавшееся при разложении растительных и животных остатков разной степени разложения, называется гумусом.

Почва состоит из твердой (минеральной и органической), жидкой (почвенная вода) и газообразной (почвенный воздух) фаз. От верхних слоев к нижним органическое вещество и живые организмы уменьшаются. Промежутки между частицами почвы называются порами. Суммарный объем пор называют пористостью почвы (для большинства - от 40-60%)

В состав минеральной части почвы входят Si, Al, Fe,  $\text{N}_2$ , K, Mg, P, S и некоторые микроэлементы - Си, Мо, I, В, F, РЬ и др. Подавляющее большинство химических элементов в почве находится в окисленной форме:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}_4$ , CaO. В почвах распространены также соли угольной, серной, фосфорной, хлористоводородной и др. кислот. На основных породах почва более богата Al, Fe, щелочно-земельными и щелочными металлами, а на породах кислого состава - Si. В засоленных почвах преобладают Na, Mg, Ca – сульфаты и хлориды.

В гумусе содержатся C,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , определенное количество P, Ca, S и др. химических элементов. Помимо гумуса в состав органического вещества входят соединения: белки, углеводы, органические кислоты, жиры, лигнин, дубильные вещества. Миграция дифференциация химических элементов, вынос и снабжение растений водой и растворенности элементами происходят при помощи жидкой части почвы

Почвенный воздух заполняет поры, не занятые водой. Он значительно отличается от атмосферного, его состав определяется характером химических, биохимических и биологических почвенных

процессов. Корневая система высших растений и аэробные микроорганизмы активно поглощают  $O_2$  и выделяют  $CO_2$ . Газообмен между почвенным воздухом и атмосферой происходит в результате диффузии  $CO_2$  из почвы в атмосферу и  $O_2$  в почву. Количество  $CO_2$  в почвенном воздухе и в предпочвенном слое атмосферы в несколько раз больше, чем в воздухе на высоте нескольких метров и существенно меняется в течение года и суток.

#### **Состав почвенного и атмосферного воздуха**

| Компоненты     | Атмосферный воздух % | Почвенный воздух (верхние 15-30 см) % |
|----------------|----------------------|---------------------------------------|
| Азот           | 78,1                 | 78-86                                 |
| Кислород       | 20,47                | 11-21                                 |
| Углекислый газ | 0,03                 | 0,3-8,0                               |

В более глубоких слоях почвы содержание  $CO_2$  в почвенном воздухе возрастает до 19%, а  $O_2$  - снижается до 10%.

Воздействие человека на почву в настоящее время осложняется урбанизацией земель, их ресурсов для индустриального и жилищного строительства, ростом потребностей в продуктах питания. По воле человека изменяется характер почвы, меняются рельеф, микроклимат. Создаются моря, водохранилища, появляются новые реки, каналы, перемещаются миллионы тонн грунта. Под влиянием промышленных и сельскохозяйственных загрязнений, в т.ч. удобрений, изменяются свойства почвы, плодородие, снижается ценность сельскохозяйственной продукции. Для контроля, определения комплекса природоохранных мероприятий и прогноза состояния почвы с точки зрения ее потенциальной продуктивности необходима единая система показателей, отражающих изменение процессов почвообразования и водно-физических, химических и биологических свойств почвы

Основное свойство почвы, обеспечивающее качество и количество урожая, а следовательно, нормальный рост и развитие естественных и культурных растений - плодородие.

Однако в результате направленной эксплуатации почвенного покрова нарушаются почвенные процессы, что приводит к усиленному разрушению почв. Различают несколько типов разрушения почвы: ветровое, эрозионное техническое и

ирригационное.

Самой распространенной и наиболее опасной, наносящей наибольший ущерб почвам, является эрозия. Она выражается в размыве почв, смыве ее талыми, дождевыми и ливневыми водами. Обычно эрозия возникает на наклонных поверхностях. Во время весеннего снеготаяния размыв почвы наблюдается даже при крутизне склона 1-2°. Чем круче склон, тем интенсивнее эрозия. В первую очередь смываются наиболее плодородные верхние слои почвы.

Ирригационная эрозия развивается при нарушении правил полива на орошаемых землях.

Дефляция - рассеяние верхних горизонтов почв сильными ветрами.

Развитию дефляций способствует уничтожение растительности неумеренный выпас скота, сильные ветры.

Серьезную проблему для современного земледелия представляет засоление почв. Почва содержит различные соли, в том числе угольной кислоты –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и др. Некоторые из этих солей, прежде всего натриевые соли, значительно ухудшают плодородие почв. В естественных условиях почвы засоляются через грунтовые воды, насыщенные солями. Если грунтовые воды расположены на небольшой глубине, в жарких и засушенных районах они поднимаются по почвенным капиллярам и испаряются. На поверхности почвы остаются все растворенные до этого в воде соли. Если грунтовые воды лежат на достаточно большой глубине, то даже в засушливых зонах почва не всегда подвергается засолению.

Наибольшую опасность представляет вторичное засоление орошаемых почв. Оно практически приобрело повсеместный характер и наблюдается во всех странах Ближнего и Среднего Востока - от Афганистана до Марокко Сенегала, в орошаемых районах Австралии, США, Мексики, Индии, Средней Азии и Закавказья.

Почва в отличие от атмосферного воздуха обладает способностью аккумулировать попадающие в нее различные загрязнения. Загрязняющие вещества поступают в почву и накапливаются в избыточных количествах за счет выбросов промышленных предприятий, животноводческих комплексов твердых и жидких хозяйственно-бытовых отходов. Почва может загрязняться в результате нерационального использования минеральных удобрений пестицидов. Накопление в почве

загрязняющих веществ, особенно химических может оказывать отрицательное влияние на свойства почвы. Например, может измениться общая численность микроорганизмов, а это повлечет за собой изменение способности почвы к самоочищению, может отразиться на ее плодородии. Эти вещества могут оказывать отрицательное воздействие на здоровье человека.

Выбросы промышленных предприятий, рассеиваясь на значительные расстояния и попадая в почву, создают новые сочетания химических элементов. С промышленными твердыми отходами в почву поступают Fe, Cu, Al, Pb, Zn, сталь, органические и неорганические соединения.

Почва обладает способностью накапливать радиоактивные вещества, поступающие в нее с радиоактивными отходами ядерных энергетических и др. реакторов, медицинских учреждений, использующих радиоизотопы, а также с атмосферными радиоактивными осадками после ядерных испытаний. Из радиоактивных изотопов наибольшую опасность представляют  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Радиоактивные вещества включаются в пищевые цепи и поражают живые организмы. Поражение организма может быть как индивидуальным (например, развитие злокачественных новообразований), так и генетическим, представляющим потенциальную опасность для здоровья будущих поколений.

К числу химических соединений, загрязняющих почву, относятся и канцерогены. Это химические, физические и биологические вещества, которые играют существенную роль в возникновении опухолевых заболеваний у животных организмов. Наиболее широко распространены такие канцерогены, как полициклические, ароматические углеводороды (ПАУ). В эту группу входят до 200 агентов, в т.ч. бенз (α) пирен (БП), 7,12-диметилбенз (α) антрацен, дибенз (α,h) антрацен. Наиболее известный и активный ее представитель - БП, который принято считать индикатором группы БАУ.

Основные источники загрязнения почвы канцерогенами - выхлопные газы самолетов, автотранспорта, выбросы промышленных предприятий, тепловых электростанции, котельных и др. В почву канцерогены поступают из атмосферы с пылевыми частицами, при утечке нефти или продуктов ее переработки.

Канцерогены обнаруживаются в почве повсеместно, однако интенсивность загрязнения ими колеблется в значительных пределах.

Удельный вес природных канцерогенов в почве (“фоновый” уровень канцерогенных углеводородов) невелик и не представляет реальной угрозы для человека. Основная опасность загрязнения почвы связана с глобальным загрязнением атмосферы.

### **Основные принципы нормирования допустимых концентраций вредных для человека агентов в почве**

В связи с интенсивным и все возрастающим загрязнением химическими веществами почв разработаны ПДК некоторых вредных веществ в почве [8] Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Минздрав Россия, 1987. С. 45-52. Принципы нормирования вредных веществ в почве значительно отличаются от принципов, положенных в основу нормирования их для водоемов, атмосферного воздуха и пищевых продуктов. Разница обусловлена тем, что прямое поступление вредных веществ через почву в организм человека невелико, это ручная обработка земли, почвенная пыль, игра детей в песочнице. Химические вещества, попавшие в почву, поступают в организм человека главным образом через контактирующие с почвой среды: воду, воздух и растения, по биологическим цепям; почва - растение - человек; почва - растение - животное - человек. Поэтому при нормировании химических веществ в почве учитываются главным образом последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред. При этом учитываются и другие факторы - тип почвы, механический состав, морфология, рН, температура, влажность и др. Также необходимо нормирование таких стабильных химических веществ, как соли тяжелых металлов (Pb, As, Си, Hg), а также микроэлементов (Мо, Си, Zn, В, V и др.), которые применяются как микроудобрения в сельском хозяйстве.

В качестве химического показателя берется санитарное число - отношение количества почвенного белкового азота (в мг на 100 г абсолютно сухой почвы) к количеству органического азота.

В качестве показателя бактериального загрязнения почвы используют титр кишечной палочки и титр одного из анаэробов.

Санитарно-гельминтологическим показателем состояния почвы является число яиц гельминтов на 1кг почвы, а санитарно-энтомологическим - наличие личинок и куколок мух в 0,25 м<sup>2</sup> ее поверхности.

Органическое вещество почвы, образовавшееся при разложении

растительных и животных остатков разной степени разложения, называется гумусом.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Что означает латинское название ядохимикатов «Пестициды» и какие они имеют свойства? Перечислите основные широко применяющиеся пестициды, обладающие способностью уничтожать или прекращать развитие живых организмов.
2. Какие пестициды широко применяются в сельском хозяйстве? Перечислите и назовите эти пестициды и их о характеризуйте.
3. Каким требованиям должны отвечать пестициды? Перечислите и назовите основные требования, определяющие ядохимикаты.
4. Из каких источников поступают пестициды в почву? Перечислите и назовите основные источники пестицидов, поступающие в почву и их охарактеризуйте.
5. Что такое мониторинг и какую роль он играет в деятельности человеческой жизни? Дайте характеристику каждому виду мониторинга.
6. В чем заключаются цель и задачи авиационного, базового и биологического видов мониторинга.

### **Лекция № 14. КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВЫ. (2 часа)**

Для гигиенической оценки качества почвы населенных мест составлена целая программа, включающая несколько этапов; наиболее важными являются отбор проб почвы и подготовка их к анализу [9] Методы определения химических веществ, предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Минздрав Россия, 1985, С. 3–31.

#### **Отбор проб почвы**

Программа обследования почвы определяет цели и задачи проводимых работ с где учетом санитарно-эпидемиологического состояния района, уровня и характера техногенной нагрузки, условий землепользования.

При выборе объектов в первую очередь обследуют почвы территорий повышенного риска воздействия на здоровье населения (детские дошкольные, школьные и лечебные учреждения, селективные территории, зоны санитарной охраны водоемов,

питьевого водоснабжения, земли, занятые под сельхоз культуры, рекреационные зоны и т. д.).

Отбор, транспортирование, хранение, подготовка к анализу и анализ проб осуществляются в соответствии с утвержденными нормативными документами. Принципиальные положения по отбору проб почвы представлены в табл. II.1.

Контроль за загрязнением почв населенных пунктов проводится с учетом существующих или планируемых функциональных зон. Места отбора проб предварительно отмечают на картосхеме, отражающей структуру городского ландшафта. Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположения мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

При контроле за загрязнением почв промышленными источниками площадки для отбора проб располагают на площади трехкратной величины санитарно-защитной зоны вдоль векторов «розы ветров» на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 5000 м и более от источника загрязнения (ГОСТ 17.4.4 02 84).

Для контроля санитарного состояния почв детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений, игровых площадок и зон отдыха отбор проб проводят не менее 2 раз в год – весной и осенью. Размер пробной площадки должен быть не более 5 5 м. При контроле санитарного состояния почв территорий детских учреждений и игровых площадок отбор проб проводится отдельно из песочниц и общей территории с глубины 0 – 10 см.

С каждой песочницы отбирается одна объединенная проба, составленная из 5 точечных. При необходимости возможен отбор одной объединенной пробы из всех песочниц каждой возрастной группы, составленной из 8 – 10 точечных проб.

Пробы почвы отбирают либо с игровых территорий каждой группы (одна объединенная из не менее пяти точечных), либо одна объединенная проба с общей территории из 10 точечных, при этом следует учитывать наиболее вероятные места загрязнения почв.

При контроле почв в районе точечных источников загрязнения (выгребные ямы, мусоросборники и т.п.) пробные площадки размером не более 5 х 5 м выбирают на разном расстоянии от источника и в относительно чистом месте (контроль). 1. Контроль за загрязнением?

При изучении загрязнения почв вблизи транспортных магистралей пробные площадки закладываются на придорожных полосах с учетом рельефа местности, растительного покрова, метео- и гидрологических условий. Пробы почвы отбирают с узких полос длиной 200 – 500 м на расстоянии 0 – 10, 10 – 50, 50 – 100 м от полотна дороги. Одна смешанная проба составляется из 20 – 25 точечных, отобранных с глубины 0 – 10 см.

При оценке почв сельскохозяйственных территорий пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0 – 25 см. На каждые 0 – 15 га закладывается не менее одной площадки размером 100 – 200 м<sup>2</sup> в зависимости от рельефа местности и условий землепользования.

Геохимическое картирование территории крупных городов с многочисленными источниками загрязнения проводится по сети апробирования. Для выявления очагов загрязнения рекомендуемая плотность отбора 1 – 5 проб/ км<sup>2</sup> с расстоянием между точками отбора 400 – 1000 м. Для дальнейшего выделения территории с максимальной степенью загрязнения сеть апробирования сгущается до 25 – 30 проб/ км<sup>2</sup>, расстояние между точками отбора около 200 м. Пробы рекомендуется отбирать с глубины 0 – 5 см. Размер сети апробирования может меняться в зависимости от масштаба картирования, характера использования территорий, требований к уровню их загрязнения, а также вариабельности содержания загрязнений на отдельных участках обследуемых территорий.

Картирование осуществляется специализированными организациями. Точечные пробы отбирают в соответствии с ГОСТом с соблюдением стерильности для санитарно микробиологического и гельминтологического анализов и в доверху заполненные контейнеры с притертыми крышками при определении загрязнения летучими веществами, на пробной площадке методом конвертов. Объединенную пробу составляют из равных по объему точечных (не менее 5), отобранных на одной площадке. Объединенные пробы должны быть упакованы в чистые полиэтиленовые пакеты, закрыты, маркированы, зарегистрированы в журнале отбора проб и

пронумерованы. На каждую пробу составляется сопроводительный талон, вместе с которым проба вкладывается во второй внешний пакет, что обеспечивает целостность и безопасность их транспортирования. Время от отбора проб до начала их исследований не должно превышать 1 суток.

Подготовка проб к анализу проводится в соответствии с видом анализа. В лаборатории проба освобождается от посторонних примесей, доводится до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивается и делится на части для проведения анализа. Отдельно оставляется контрольная часть от каждой анализируемой пробы (около 200 г) и хранится в холодильнике 2 недели на случай арбитража.

Перечень показателей химического и биологического загрязнения почв определяется, исходя из:

- целей и задач исследования;
- характера землепользования;
- специфики источников загрязнения, определяющих характер (состав и уровень) загрязнения изучаемой территории;
- приоритетности компонентов загрязнения в соответствии со списком ПДК и ОДК химических веществ в почве и их класса опасности по ГОСТу 17.4.1.02 83. «Охрана природы. Почва.

Классификация химических веществ для контроля загрязнения».

Определение концентраций химических веществ в почве проводится методами, использованными при обосновании ПДК (ОДК), или методами, метрологически аттестованными.

### **Оценка степени химического загрязнения почв.**

Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК), или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве.

Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами проводится по каждому веществу с учетом следующих общих закономерностей:

- Опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание компонентов загрязнения почвы превышает ПДК.
- Опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности контролируемого вещества, его персистентность, растворимость в воде и подвижность в почве, и глубина загрязненного слоя.

- Опасность загрязнения тем больше, чем меньше буферная способность почвы, которая зависит от механического состава, содержания органического вещества, кислотности почвы. Чем ниже содержание гумуса, рН почвы и легче механический состав, тем опаснее ее загрязнение химическими веществами.

При загрязнении почвы одним веществом неорганической природы оценка степени загрязнения проводится в соответствии с табл. 1 с учетом класса опасности компонента загрязнения, его ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания элемента.

**Таблица 1.**

**Критерии оценки степени загрязнения почв  
неорганическими веществами**

| Содержание в почве (мг/кг)   |               | Категория загрязнения почвы |         |  |
|------------------------------|---------------|-----------------------------|---------|--|
| Класс опасности вещества     | 1 класс       | 2 класс                     | 3 класс |  |
| > К <sub>max</sub>           | Очень сильная | Очень сильная               | Сильная |  |
| От ПДК до К <sub>max</sub>   | Очень сильная | Сильная                     | Средняя |  |
| От 2 фоновых значений до ПДК | Слабая        | Слабая                      | Слабая  |  |

При загрязнении почв одним веществом органического происхождения его опасность определяется, исходя из его ПДК и класса опасности (табл. 2).

При полиэлементном загрязнении оценка степени опасности загрязнения почвы допускается по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве.

**Таблица 2.**

**Критерии оценки степени загрязнения почв  
органическими веществами**

| Содержание в почве (мг/кг) |               | Категория загрязнения почвы |         |  |
|----------------------------|---------------|-----------------------------|---------|--|
| Класс опасности вещества   | 1 класс       | 2 класс                     | 3 класс |  |
| >5 ПДК                     | Очень сильная | Очень сильная               | Сильная |  |
| От 2 до 5 ПДК              | Очень сильная | Сильная                     | Средняя |  |
| От 1 до 2 ПДК              | Слабая        | Слабая                      | Слабая  |  |

Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов (свалок) для твердых бытовых отходов подробно изложены в аналогичном официальном документе.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Для какой оценки качества почвы составлены программа?
2. Для контроля санитарного состояния почв детских игровых площадок и зон отдыха отбор проб сколько раз проводят в год?
3. Как проводится подготовка проб к анализу?
4. В каких случаях проводят сплошной контроль?
5. В каких случаях проводят выборочный контроль?
6. В чем заключается методика отбора проб почв и растений?
7. С помощью каких величин оценивают результаты контроля?

## **Лекция № 15. КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТКОВ ПЕСТИЦИДОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ. (2 часа)**

### **Цель контроля**

Контроль за содержанием остатков пестицидов в почве и растениях осуществляется в целях оценки возможности применения общих рекомендаций по химической защите растений в конкретных почвенно-климатических условиях и их зональной корректировки по мере необходимости; проверки соблюдения технологии и регламентов при применении химических средств защиты растений, включая правила перевозки, хранения, приготовления и внесения препаратов, захоронения их остатков и тары из-под пестицидов, а также правил обеззараживания машин и орудий, занятых на работах по перевозке, приготовлению и внесению пестицидов; установления фактических масштабов и уровней загрязнения почв остатками пестицидов, включая участки с возможным повышенным их содержанием (прилегающие к складам пестицидов, взлетно-посадочным полосам сельскохозяйственной авиации и т. д.), и определения пригодности загрязненных почв для последующего возделывания сельскохозяйственных культур; определения потенциальной опасности вторичного загрязнения остатками пестицидов смежных с загрязненными почвами сред и природных объектов; определения фактических уровней накопления остатков пестицидов, в растениях и возможности реализации продукции растениеводства по назначению [10] Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень).

ГН 1.1.546 11. Госкомсанэпиднадзор РФ. М.: Минздрав России, 2011, С. 51-72. Дополнение 1 к ГН 1.2.6.1323 03 и ГН 1.2.6.1832 12. М.: МЗ РФ, 2012, С. 7-15.

### **Принципы контроля**

Контроль за содержанием остатков пестицидов в почве и растениях осуществляется в зависимости от ситуации, целей и задач путем выборочного или сплошного обследования почв сельскохозяйственных угодий и произрастающих на них культур на содержание остатков пестицидов.

Контроль включает следующие стадии:

- количественный и качественный анализ данных о применении пестицидов в обслуживаемой зоне в текущем году и в предыдущие годы (минимум 5 лет); анализ информации из хозяйств о фактическом и предполагаемом фитотоксическом действии остатков пестицидов (обработок предыдущих лет и текущего года) на возделываемые культуры;
- определение объектов, характера и масштабов предстоящего обследования;
- выбор представительных полей (участков) при проведении выборочного обследования или определение контуров полей при сплошном обследовании;
- отбор проб почв и растений с обследуемых полей (участков) и при необходимости их консервацию;
- определение концентрации пестицида в почвенных и растительных пробах физико- химическими, биохимическими или биологическими методами;
- обработку и обобщение результатов определения остатков пестицидов в почвенных и растительных пробах;
- анализ полученных данных (в том числе их сравнение с данными смежных контрольных служб и собственными данными за предыдущие годы); общую оценку уровней накопления остатков пестицидов в почве и растениях по хозяйствам, районам и в целом по обслуживаемой зоне (республике, краю, области, группе районов в области и т. д.); передачу сводного материала на обработку;
- разработку (совместно со смежными службами) рекомендаций по уменьшению содержания остатков пестицидов в почве и растениях и заключение об использовании почв и растительной

продукции, содержащих остатки пестицидов выше допустимых норм.

При выборе объектов контроля необходимо учитывать токсиколого-гигиенические характеристики пестицидов, объемы и масштабы их применения в зоне обслуживания, а также почвенно-климатические условия зоны, специфику севооборотов, уровни применения минеральных и органических удобрений, возможное фитотоксическое действие остатков пестицидов на сельскохозяйственные культуры и другие факторы.

Основные критерии выбора пестицида для контроля – токсичность по отношению к теплокровным животным и фитотоксичность, персистентность (стойкость) в объектах окружающей среды (почва, растения и т.д.), объемы и масштабы применения в предыдущие годы и в текущем году.

### **Виды контроля**

Контроль бывает сплошной и выборочный. Сплошной контроль проводят в исключительных случаях: при обнаружении фитотоксического действия остатков гербицидов на сельскохозяйственные культуры в севооборотах или при установлении высокого содержания остатков пестицидов в почвах, которое представляет потенциальную опасность для растений, животных и человека. В остальных случаях осуществляется выборочный контроль [11] Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Т. 1 (с. 566) и 2 (с. 414). М.: Колос, 2012.

Характер выборочного контроля определяется постоянством места и длительностью проведения. Контроль, проводимый ежегодно на новых полях и участках, является текущим. Обследование почв и растений на одних и тех же участках в течение 2 лет и более представляет собой стационарный контроль; он может быть производственным и контролем мониторингом.

Стационарный производственный контроль осуществляется в том случае, когда на определенных полях длительное время применяют или применяли стойкие и (или) высокотоксичные пестициды и существует опасность загрязнения их остатками растительных и других объектов окружающей среды, а также на технологически загрязненных пестицидами участках. Стационарный контроль мониторинг проводят для оценки загрязнения почв и

продукции растениеводства пестицидами в результате их высокой персистентности и (или) глобальной миграции. Путем такого контроля можно следить за содержанием в почве и переходом в растения остатков пестицидов, применявшихся в данном регионе много лет назад (например, ДДТ) или переносимых в место контроля из других регионов миграционными потоками.

Основные виды контроля в агрохимической службе – выборочные: текущий и стационарный производственный. Использование других видов контроля определяется конкретными задачами и обстановкой в обслуживаемой зоне.

### **Методика контроля**

Выделить выбор участков. При выборе участков, на которых будет проводиться контроль за содержанием остатков пестицидов в почве и растениях, учитывают характер их обработок пестицидами (вид пестицида, доза и способ его применения и т. д.), возделываемые культуры (они должны быть типичными для данной сельскохозяйственной зоны и конкретного хозяйства), тип почвы (он должен быть преобладающим), рельеф местности. По всем этим показателям участки должны быть представительными и типичными, способными характеризовать общее состояние загрязнения почв остатками пестицидов. При проведении текущего контроля выбирают, как правило, те поля, на которые пестицид вносили или будут вносить в наибольших дозах, при этом учитывают его применение на тех же полях в предыдущие годы.

При сплошном обследовании сельскохозяйственных угодий на содержание остатков гербицидов специалисты хозяйства определяют контуры полей, на которых остатки гербицидов, применявшихся в предыдущем году и ранее, могут представлять опасность для культур, которые планируют возделывать в текущем году (например, зерновые после кукурузы, под которую применяли симазин).

Когда проводят выборочный текущий контроль на каждом представительном поле площадью от 30 до 60 га, выделяют не менее 3 элементарных участков площадью по 5 га, причем один из них должен быть расположен в той части поля, где по тем или иным причинам возможно повышенное содержание остатков пестицидов в почве (например, в нижней части склона). Если площадь поля менее 30 га, размеры элементарного участка могут быть в пределах 0,5 – 3

га. На каждых последующих 60 га выделяют также по 3 участка. Они должны быть расположены не ближе 50 м от края поля.

Выборочный стационарный контроль при оценке источника загрязнения почв пестицидами (склада пестицидов, растворного узла и т. д.) проводят на 3 элементарных участках площадью по 100 м<sup>2</sup> каждый (10 – 10 м), причем при наличии склона (особенно в сторону реки или водоема) один 2. Определение токсичных органических веществ 175 из участков должен располагаться на нем, а 2 других – на разном расстоянии (например, 200 и 400 м) от источника загрязнения по прямой, которая должна быть направлена в сторону сельскохозяйственных угодий или проходить по ним. При наличии видимых проявлений фитотоксического действия пестицидов, попадающих в почву из потенциального источника загрязнения, один из участков располагают в месте максимального негативного действия остатков пестицидов, а два других – на более далеком расстоянии (200 – 400 м) от источника по одной прямой. При проведении выборочного стационарного контроля сельскохозяйственных угодий для оценки длительности сохранения в почвах остатков устойчивых пестицидов на поле выделяют два участка по 1 га каждый и привязывают их к местности. Один из участков должен располагаться в части поля с возможным повышенным содержанием остатков пестицидов в почве, второй – в части поля с усредненными характеристиками загрязнения. Пробы почв и растений в каждый последующий год отбирают с одних и тех же участков.

*Сроки отбора проб почв и растений* зависят от характера проводимого обследования. При сплошном обследовании отбирают только почвенные пробы. Отбор проводят перед посевом чувствительных к остаткам гербицидов культур с тем, чтобы по результатам оперативного контроля сделать заключение о возможности их возделывания на данных полях. Сплошное обследование можно проводить также осенью, после завершения всех сельскохозяйственных работ, но перед осенним внесением контролируемого гербицида, если оно запланировано. По просьбе хозяйств такое обследование может быть проведено и в другое время.

При проведении текущего контроля почвенные пробы отбирают в 2 срока: через 3 – 5 дней после применения пестицида и в период

уборки (непосредственно перед уборкой) урожая; во второй срок отбирают также растительные пробы.

На стационарных участках, на которых не планируют вносить контролируемый пестицид в текущем году, почвенные пробы отбирают дважды: перед началом полевых работ и в период уборки (непосредственно перед уборкой) урожая. Во второй срок отбирают также смешанную пробу растений. На участках с применением контролируемого пестицида в текущем году почвенные пробы отбирают трижды: перед началом полевых работ, через 3 – 5 дней после применения пестицида и в период уборки (непосредственно перед уборкой) урожая. В последний срок отбирают и растительные пробы.

На стационарных участках возле потенциальных источников загрязнения почв пестицидами пробы почв отбирают трижды: весной до начала полевых работ, в течение вегетационного периода (примерно в июле) и осенью после завершения полевых работ. Пробы растений отбирают во второй срок.

Сводные данные по срокам отбора почвенных и растительных проб при различных способах контроля остатков пестицидов приведены в табл. 1.

**Таблица 1.**

**Сроки отбора почвенных и растительных проб**

| <b>Сроки отбора проб</b>                               | <b>Вид контроля</b> |                  |                      |                  |                  |
|--------------------------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|
|                                                        | <b>выборочный</b>   |                  |                      |                  |                  |
|                                                        | <b>сплошной</b>     |                  | <b>стационарный*</b> |                  |                  |
|                                                        | <b>*</b>            |                  | <b>*</b>             |                  |                  |
|                                                        |                     | <b>текущий</b>   | <b>I</b>             | <b>II</b>        | <b>III</b>       |
| Весна (перед началом полевых работ)                    | <u>1; 2**</u><br>–  | –                | <u>1; 2</u><br>–     | <u>1; 2</u><br>– | <u>1; 2</u><br>– |
| После применения пестицида                             | –                   | <u>1</u><br>–    | <u>1</u><br>–        | –                | –                |
| Середина лета                                          | –                   | –                | –                    | –                | <u>1</u><br>+    |
| В период уборки (непосредственно перед уборкой) урожая | –                   | <u>1; 2</u><br>+ | <u>1; 2</u><br>+     | <u>1; 2</u><br>+ |                  |
| Осень (после завершения полевых работ)                 | <u>1; 2</u><br>–    | –                | –                    | –                | <u>1; 2</u><br>– |

\* Отбор проб производится один раз (весной или осенью).

\*\* I – с применением пестицида в текущем году;

\*\*\* 1 – пахотный слой; 2 – подпахотный слой.

II – без применения пестицида в текущем

году; III – возле потенциальных источников загрязнения почв.

**Примечание.** В числителе – пробы почвы; в знаменателе – пробы растений:

(+) – пробы отбирают; ( – ) – пробы не отбирают.

### **Методика отбора проб почв и растений.**

При сплошном обследовании сельскохозяйственных угодий на содержание остатков гербицидов почвенную смешанную пробу составляют из 40 индивидуальных проб, отобранных со всего поля. Для отбора индивидуальных проб по диагонали обследуемого поля прокладывают маршрутный ход. Смешанные пробы почв отбирают со всех полей, попавших в контур обследования [11] Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Т. 1 (с. 566) и 2 (с. 414). М.: Колос, 2012.

На представительных полях элементарные участки, с которых отбирают смешанные почвенные и растительные пробы, должны иметь прямоугольную форму с соотношением сторон 1:2. Отбор 40 индивидуальных проб для составления смешанной пробы ведут по длинной осевой линии элементарного участка буром на глубину пахотного горизонта. При выборочном стационарном контроле на участках размером 10 – 10 м 40 индивидуальных проб отбирают по осевым линиям квадрата. В садах индивидуальные пробы отбирают на расстоянии 1 м от стволов деревьев, на виноградниках и под пропашными культурами пробы почвы отбирают так, чтобы в равной мере захватить рядки и междурядья. При обработке поля пестицидом ленточным или краевым способом индивидуальные пробы отбирают из обработанных зон.

Все индивидуальные пробы помещают в полиэтиленовый или полотняный мешочек и с сопроводительной этикеткой доставляют в лабораторию для анализа.

Для взятия пробы из подпахотного слоя почвы делают прикопки на глубину 50 см в 5 точках (методом конверта) и отбирают индивидуальные пробы на глубине 25 – 50 см. После их перемешивания методом квартования отбирают среднюю пробу массой 400 – 500 г. На одном поле, как правило, отбирают одну

среднюю пробу почвы из подпахотного слоя на наиболее типичном элементарном участке.

Пробы почвы анализируют в естественно влажном состоянии с использованием утвержденных методов. Если в течение одного дня анализ провести невозможно, пробы, отобранные для определения содержания в них хлорорганических пестицидов (ХОП), высушивают до воздушно-сухого состояния в темном помещении. При определении фосфорорганических пестицидов (ФОП) в почвенных пробах последние рекомендуется хранить в холодильнике без высушивания не более 3 сут. В исключительных случаях из каждой отобранной пробы берут по 2 навески и экстрагируют растворителем согласно методу определения. Полученные экстракты хранят в холодильнике при температуре не выше 4°C. Время хранения экстрактов с ФОП не более 10 сут, ХОП – 30 сут. Для пересчета результатов анализа на абсолютно сухую массу определяют влажность почвы.

### **Оценка результатов контроля.**

Полученные данные о содержании остатков пестицидов в почвах отдельных полей оценивают путем их сравнения со значениями предельно допустимых (ПДК) или ориентировочных допустимых концентраций (ОДК) пестицидов в почве. В особую категорию выделяют поля, в почве которых в период уборки урожая или осенью обнаружено 0,8 ПДК (ОДК) пестицида и более. На полях, подвергавшихся текущему контролю и попавших в эту категорию, контроль производят и весной следующего года (до начала полевых работ). Если в весенний срок отбора содержание пестицида в почве равно или превышает 0,5 ПДК (ОДК) и на указанном поле предполагается в текущем году применять контролируемый пестицид, то контроль на таком поле продолжают по полной программе. Если применять пестицид в текущем году не планируют, но в весенний срок отбора содержание его в почве 0,8 ПДК (ОДК) и более, то на таком поле также ведут контроль по полной программе. Если к концу второго года в почве этого поля обнаружится высокое содержание остатков пестицида, на нем можно заложить стационарный участок.

Содержание остатков пестицидов в растительной продукции оценивают путем сравнения полученных результатов со значениями

максимально допустимых уровней (МДУ) в пищевых продуктах и кормах для сельскохозяйственных животных.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. В каких случаях проводят выборочный контроль?
2. В чем заключается методика отбора проб почв и растений?
3. С помощью каких величин оценивают результаты контроля?
4. В чем заключается цель контроля содержания остатков пестицидов в почве и растениях?
5. Из каких стадий состоит принцип контроля?
6. При выборе объектов контроля какие характеристики пестицидов необходимо учитывать?
7. Какие виды контроля бывают и в каких случаях проводят эти виды контроля?

### **Лекция № 16. МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ПОЧВ. (2 часа)**

Задача охраны почв имеет свою специфику, связанную, во-первых, с тем, что еще далеко не в полной мере даже научной общественностью осознана колоссальная экологическая роль почвы в жизни человека и биосферы в целом, а во-вторых, с тем, что разрушение и особенно загрязнение почвы проявляется не столь быстро и очевидно, как загрязнение воздуха и воды или гибель животных и растений. Но это обстоятельство лишь усиливает необходимость ранней диагностики неблагоприятного состояния почвы для своевременного принятия почвозащитных мероприятий. Последние экономически несравненно выгоднее, чем дорогостоящие капитальная мелиорация и рекультивация земель [12] Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сб. МУК 4.1. 1025 11; МУК 4.1. 1130 1152 11; Мук 4.1 1154 1165 09. Вып. 1. М.: Минздрав РФ, 2011, С. 272.

Среди наиболее опасных процессов деградации почв, вызываемых неправильным их использованием, должны быть учтены: водная эрозия и дефляция почв; механическое уплотнение и разрушение структуры почв тяжелыми сельскохозяйственными машинами; разрушение почв при горных разработках; загрязнение избыточными дозами удобрений и ядохимикатов; потеря гумуса и питательных веществ; вторичное засоление почв в результате

орошения; переосушение почв; увеличение кислотности почв в результате выпадения кислотных дождей; аккумуляция тяжелых металлов и радионуклидов в гумусе, загрязнение почв нефтью, солевыми растворами, шлаками, шламами, химическими стоками.

Поэтому программа почвенного мониторинга должна включать следующие задачи:

- 1) контроль и оценка интенсивности ежегодных потерь почвы вследствие водной эрозии и дефляции;
- 2) контроль и оценка скорости потерь гумуса и важнейших элементов питания;
- 3) контроль изменения кислотности и щелочности почв;
- 4) контроль содержания в почвах пестицидов;
- 5) контроль загрязнения почв тяжелыми металлами, особенно в зонах влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей;
- 6) инспекторский контроль за отчуждением сельскохозяйственных земель на нужды промышленности, городского, транспортного и др. видов несельскохозяйственного землепользования.

В перечень объектов почвенного мониторинга должны войти заповедники, пункты наблюдений ГосКомГидромета, сеть зональных сельскохозяйственных НИИ и крупных лесхозов. Для этого могут быть использованы дистанционные, аэрокосмические и стационарно наземные методы слежения за состоянием почв.

### **Пестициды и окружающая среда**

В сельском хозяйстве в борьбе с болезнями и вредителями растений используется целый комплекс мероприятий: агротехнические приемы, создание устойчивых к вредителям и болезням сортов, использование биологических, химических и др. методов, влияющих на вредителей культурных растений. На современном этапе сельскохозяйственного производства наиболее эффективен в борьбе с болезнями и вредителями растений химический метод, обеспечивающий надежную защиту урожая и высокую экономичность.

Пестициды - общепринятое собирательное название ядохимикатов, используемых в сельском хозяйстве для защиты растений и животных и получивших свое название от *pestis*- зараза, *cido*- убивать. Это разнообразные химические соединения, обладающие способностью уничтожать или прекращать развитие

живых организмов - насекомых, клещей, грызунов, бактерий, вирусов, спор, грибов, вредной растительности и др.

Наиболее широко применяются хлороорганические, фосфоорганические и ртутьорганические пестициды.

Пестициды делятся на следующие группы:

1) бактерициды - для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями растений;

2) инсектициды - для борьбы с вредными насекомыми;

3) фунгициды - для борьбы с болезнями растений под влиянием различных паразитирующих грибов;

4) дефолианты - средство для удаления листьев;

5) гербициды - средства для удаления сорняков;

6) репелленты - средства для отпугивания насекомых, грызунов;

В сельском хозяйстве наиболее широкое применение находят инсектициды, фунгициды, гербициды, дефолианты.

Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, фосфамид) применяются наиболее широко. Обладая высокой биологической активностью, они оказывают токсичное воздействие на организм человека и животных. Большинство препаратов этой группы относится к высокотоксичным ядам. Однако фосфорорганические пестициды мало накапливаются в окружающей среде. Под влиянием воды, солнца они примерно в течение месяца разрушаются, превращаясь в малотоксичные соединения. Поэтому эти препараты в меньшей степени загрязняют пищевые продукты.

Хлороорганические инсектициды относятся к среднетоксичным. Однако они могут вызывать острые и хронические отравления с поражением печени, центральной и периферической нервной системы.

Фунгициды предохраняют от заболеваний сельскохозяйственные культуры. Объем их производства меньше, чем инсектицидов и гербицидов. Положительной особенностью почти всех фунгицидов (кроме ртутьсодержащих) является их малая опасность для животных и человека. Ртутьорганические фунгициды относятся к сильно действующим ядовитым веществам, обладают высокой кумуляцией и стойкостью. В последнее время ртутные протравители семян заменяются на комбинированные, менее опасные препараты.

Гербициды - это средства борьбы с сорняками, они значительно менее токсичны, обладают слабой кумуляцией.

В качестве дефолиантов используются бутифос, цианид кальция,

хлорат магния и хлорат-хлорид кальция.

Таким образом, пестициды должны отвечать следующим требованиям:

- низкая токсичность для полезных организмов, обитающих в водоемах и почве
- относительно быстрое разложение в воде и почве с образованием продуктов, безопасных для полезных живых организмов;
- отсутствие кумуляции в организме человека и животных, отсутствие отдаленных отрицательных последствий для человека и других живых организмов;
- возможно меньшие нормы расхода на единицу площади;
- максимально высокая эффективность против вредных организмов;
- достаточная безопасность в обращении, исключающая возможность острых отравлений;
- высокая экономическая эффективность использования в сельском хозяйстве, безопасная и удобная форма применения препарата.

Возрастающее производство и применение пестицидов неизбежно сопровождается их рассеиванием и накоплением. В почву пестициды поступают с протравленными семенами, при обработке растений пестицидами, с отмирающими частями растений, с поверхностным стоком с вышерасположенных участков, при выпадении с осадками, с частичками почвы, переносимыми ветром, с органическими удобрениями и экскрементами животных.

И в детоксикации пестицидов в почве имеют значение почвенные микроорганизмы, которые разрушают их до образования простейших продуктов. Однако некоторые хлорорганические пестициды достаточно стойки и могут сохраняться в почве без существенных изменений в течение нескольких лет.

В качестве норматива допустимых концентраций остаточных количеств пестицидов в продуктах питания принимается такое их количество, которое, поступая в организм человека ежедневно, не наносит никакого ущерба его здоровью. Нормы допустимых остаточных количеств (ДОК) для каждого типа пестицидов устанавливаются отдельно. Некоторые пестициды вообще не должны присутствовать в пищевых продуктах.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. Что называется мониторингом и в чем заключается цель мониторинга? Опишите задачу глобальной системы мониторинга окружающей среды.
2. Что называется национальным мониторингом и чем отличается задача национального мониторинга от глобального? Опишите задачи этих видов мониторинга и сделайте сравнение.
3. Что называется фоновым мониторингом и в чем заключается цель фонового мониторинга? Охарактеризуйте основу фонового мониторинга.
4. Что называется мониторингом окружающей среды и в чем заключается цель и задача мониторинга окружающей среды? Перечислите все виды мониторинга.
5. Что такой базовый мониторинг и в чем заключается задача базового мониторинга? Опишите сущность задачи мониторинга базового.
6. Что такой мониторинг авиационный и в чем заключается задача авиационного мониторинга? Опишите сущность задачи мониторинга авиационного.

### **Лекция №17. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. (2 часа)**

Мониторинг-слежение за какими-то объектами или явлениями; в приложении к среде жизни. Нужда в общем мониторинге человеческой деятельности непрерывно возрастает. Например, за последние 10 лет синтезировано более 4млн. новых химических соединений, ежегодно производится около 30 тыс. видов химических веществ в количестве более 1 т. в год каждое. Мониторинг за каждым веществом нереален. Он может вестись лишь обобщенно за интегральным воздействием человека на условия собственного существования и на природу. Принято делить мониторинг на базовый, или фоновый, глобальный, региональный и импактный, а также по методам ведения и объектам наблюдения (авиационный, космический, окружающей человека среды) [13] Мониторинг 2010, №2 с. 12-15.

Мониторинг авиационный - это мониторинг, осуществляемый с самолетов, вертолетов и др. летательных аппаратов, не поднимающихся на космическую высоту (в основном, в пределах тропосферы).

Мониторинг базовый - слежение за общебиосферными, в основном природными явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний. Его еще называют фоновым.

Мониторинг биологический:

1) слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т.д.);

2) мониторинг с помощью биоиндикаторов (обычно на базе биосферных заповедников).

Мониторинг глобальный - слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли и ее экосфере, включая все их экологические компоненты и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях.

Мониторинг дистанционный - совокупность авиационного и космического мониторинга. Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли (в горах, на крайнем Севере), показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальнейшей передачи информации (по радио, проводам, через спутники)

Мониторинг импактный - это мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо важных зонах и местах.

Мониторинг космический проводится с помощью космических средств наблюдения.

Мониторинг окружающей среды - слежение за состоянием окружающей человека природной средой и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и др. организмов.

*Мониторинг региональный* - слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы.

**Мониторингом** называется система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Цель мониторинга - выявление антропогенных загрязнений. Мониторинг охватывает наблюдения за источниками и факторами антропогенных воздействий - химическими, физическими, биологическими - и за эффектами, вызываемыми этими воздействиями в окружающей среде и прежде всего за реакцией биологических систем на эти воздействия.

*Мониторинг* должен выявить критические ситуации, выделить критические факторы воздействия и наиболее подверженные воздействию элементы биосферы. Система мониторинга может охватывать как локальные районы, так и земной шар в целом (глобальный мониторинг). Основная особенность системы глобального мониторинга - возможность на основании данных этой системы оценки состояния биосферы в глобальном масштабе. Первоочередной задачей в настоящее время стало создание глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) - информационной системы, позволяющей оценить современное фоновое состояние биосферы.

**Национальным мониторингом** обычно называют систему мониторинга в рамках одного государства. Эта система отличается от глобального мониторинга не только масштабами, но и тем, что основной задачей национального мониторинга является получение информации и оценка состояния окружающей среды в национальных интересах. Так, повышение уровня загрязнения атмосферы в отдельных городах или промышленных районах может и не иметь существенного значения для оценки состояния биосферы в глобальном масштабе, но представляется важным фактором для принятия мер в данном районе, мер на национальном уровне.

Первой (исходной) ступенью современного мониторинга окружающей среды должен быть биоэкологический мониторинг. Его ведущее звено - наблюдения над состоянием окружающей среды с точки зрения ее влияния прежде всего на состояние здоровья человека и населения, т.к. конечная цель мониторинга - защитить интересы человека.

Кроме того, состояние здоровья человека - наиболее комплексный показатель состояния окружающей среды, как бы вбирающий в себя все остальное.

Большую помощь биоэкологическому мониторингу могут оказать СЭС, ветеринарная служба, служба защиты растений, гидробиологический контроль.

В систему экологических наблюдений должно входить определение ряда первоочередных показателей опасного загрязнения окружающей среды техногенного происхождения:

- 1) радионуклиды;
- 2) газовые загрязнения:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ;
- 3) минеральные загрязнения: соединения ртути, свинца, мышьяка,

фосфора, кадмия, фтора, нитриты и нитраты;

4) органические и полимерные загрязнения: пестициды, углеводороды нефти, микробы и др.

Необходимо исследование и таких физических факторов окружающей среды, как шум и электромагнитные поля.

Большое значение имеют рациональный выбор и достаточная плотность контрольных пунктов наблюдений, а также эффективная организация автоматического получения, обработки первичных данных и выдачи вторичной информации.

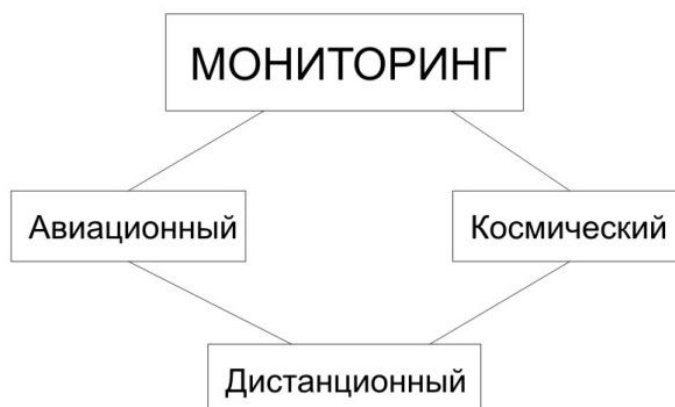
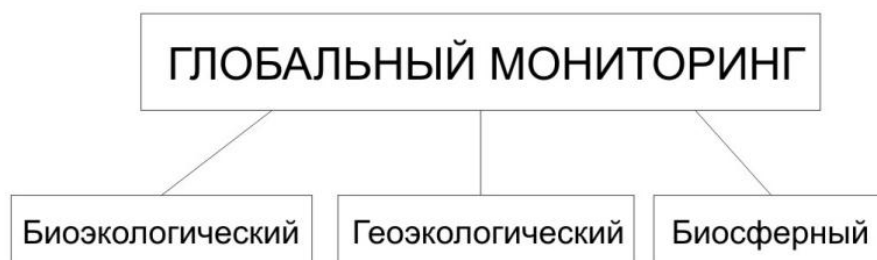
Вторичная информация должна контролировать основные линии связи человека с окружающей средой и остальной биосферой (питьевая вода, вдыхаемый воздух, пищевые продукты).

Заслуживает внимания мониторинг канцерогенных веществ. Канцерогенным действием могут обладать представители различных групп; химических соединений. Главные из них: полиароматические углеводороды, нитрозосоединения, циклические амины, микотоксины. Изучение закономерностей циркуляции химических канцерогенов показало, что в одних местах и при определенных условиях они могут накапливаться, а в других - подвергаться деградации. Таким образом, мониторинг канцерогенов в окружающей среде должен и может способствовать снижению концентрации их до значений, близких к фоновым, и тем самым способствовать решению проблем снижения заболевания раком.

Важное значение имеет учет искусственных мутагенных факторов. Особое значение приобрела проблема генетических последствий загрязнения биосферы мутагенами. Мутагенными являются не только химические вещества, но и радиация и биологические факторы, образующие комплекс мутагенных факторов.

Мутагены поражают самое драгоценное, что создано эволюцией живой материи - генетическую программу человека, а также генофонды популяций всех видов животных, растений, бактерий и вирусов, населяющих биосферу. Второй ступенью общего мониторинга окружающей среды должен быть геоэкологический или природно-хозяйственный мониторинг. Он абсолютно необходимое дополнение к биоэкологическому, расширяет его границы, т.к. исследует естественные ресурсы окружающей среды, используемые человеком в его хозяйственной деятельности. При этом разрабатываются геосистемные тесты типа ПДК, естественная

способность природной среды к самоочищению (ЕССПС) и др.



В основные геосистемы должны войти важнейшие группы экосистем - природные, находящиеся в заповедном состоянии, главные природно-технические (прежде всего сельскохозяйственные экосистемы) и антропогенные "высшей" категории (например, городские).

Третьей ступенью антропогенного мониторинга окружающей среды должен быть биосферный мониторинг. Его задача - обеспечить наблюдение, контроль и прогноз возможных изменений в глобальном масштабе.

К биосферному мониторингу должны быть отнесены наблюдения над мировым водным балансом и глобальным кругооборотом влаги, антропогенными изменениями водных балансов и нарушениями кругооборота влаги, а также прогнозы на будущее.

Гармоничное развитие отраслей экономики с учетом

экологического резерва биосферы и ожидаемых воздействий на нее возможно лишь при наличии и правильном использовании представляемой системой мониторинга обширной, информации о состоянии природной среды и ее антропогенных изменениях.

Широкая информация о состоянии окружающей среды через систему мониторинга и ее обработка в информационном центре позволяют оценить существующее положение и на этом основании проводить мероприятия по контролю и предотвращению неблагоприятных последствий антропогенного воздействия. Она должна стать базой для прогнозирования изменений природной среды, дать научную основу для разработки рациональных способов использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов и для выработки основ единой системы правовых основ в области природопользования.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

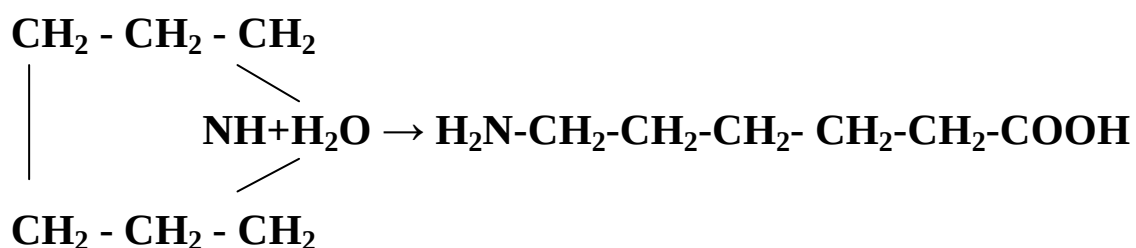
1. Что такой мониторинг биологический и в чем заключается задача биологического мониторинга? Перечислите виды биологического мониторинга и охарактеризируйте.
2. Что такой мониторинг глобальный и в чем заключается задача глобального мониторинга? Опишите сущность задачи глобального мониторинга.
3. Что такой мониторинг дистанционный и в чем заключается задача дистанционного мониторинга? Опишите сущность задачи дистанционного мониторинга.
4. Что такой мониторинг национальный и в чем заключается задача глобального мониторинга? Опишите сущность задачи национального мониторинга.
5. Что такой мониторинг национальный и в чем заключается задача глобального мониторинга? Охарактеризируйте задачу импактного мониторинга.
6. Какие методы существуют для определения капролактама и в каких единицах выражается ПДК капролактама в водоемах? Опишите сущность методов определения капролактама.

## Лекция № 18. АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ. (2 часа)

### *Определение капролактама.*

Для определения предлагается 2 метода: метод тонкослойной хроматографии и фотометрический метод. ПДК капролактама в водоемах - 1 мг/л [14] Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 2010, с. 335-349.

### Метод тонкослойной хроматография



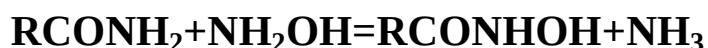
*Сущность метода.* Кислотный гидролиз капролактама приводит к образованию аминокaproновой кислоты

Аминокaproновую кислоту выделяют на тонком слое оксида алюминия и проявляют действием нингидрина - общего реактива на аминокислоты. В состав проявляющего реактива вводят соль меди, стабилизирующую образующееся окрашенное соединение.

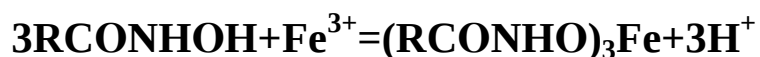
Последнее извлекают метанолом и определяют фотометрическим методом.

### Фотометрический метод с гидроксиламином

*Сущность метода.* Описываемый метод основан на разложении амидов кислот нагреванием их с гидроксиламином



и на реакции образования гидроксамовых кислот с ионами железа (III), в результате которой получают окрашенные в красно-коричневый цвет соединения; концентрацию последних определяют фотометрически:

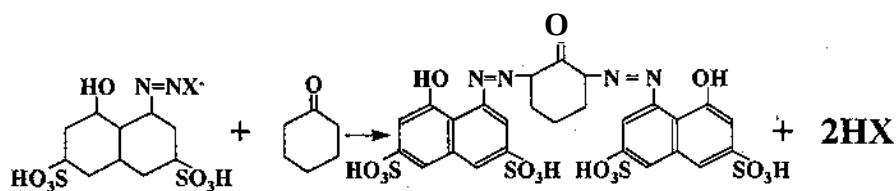


**Мешающие вещества.** Определению мешают вещества, образующие в этих условиях гидроксамовые кислоты, например, муравьиная кислота и вещества, реагирующие с ионами железа (III) с образованием окрашенных соединений, например, фенолы и их производные, роданиды и др. Не мешают определению циклогексан, нитроциклогексан, циклогексанол, бензол, нитробензол, циклогексаноноксим, адипиновая кислота.

### **Определение циклогексанона фотометрическим методом**

**Сущность метода.** Циклогексан реагирует с диазониевой солью Аш-кислоты

(1-нафтиламин-8-окси-3,6-дисульфокислоты) с образованием; азокрасителя:



Интенсивность окраски полученного раствора пропорциональна содержанию циклогексанона в пробе.

В раствор вводят пиросульфит натрия для предотвращения самосочетания диазоновой соли Аш-кислоты.

**Мешающие вещества.** Если анализируемая сточная вода содержит циклогексанол, то он в процессе определения частично окислится доциклогексанон и результаты получатся завышенными.

Для предупреждения этого окисления в пробу добавляют уротропин (гексаметилентетрамин). Аналогичную реакцию дает циклогексаноноксим. Определению не мешают циклогексан, бензол, нитроциклогексан, адипиновая кислота и нитробензол, капролактамы.

### **Определение циклогексанола фотометрическим методом**

**Сущность метода.** При нагревании раствора циклогексанола с раствором дифениламина в серной кислоте образуется окрашенное в красный цвет соединение. Интенсивность окраски пропорциональна содержанию циклогексанола в пробе.

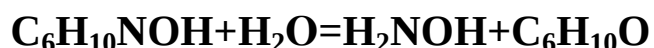
**Мешающие вещества.** Определению не мешают нитробензол, адипиновая кислота, капролактамы, бензол, циклогексан.

Нитроциклогексан мешает, если его содержание в пробе превышает 0,02 мг. Циклогексаноноксим и циклогексанол мешают при содержании каждого из них более 1 мг; во всех этих случаях образуются окрашенные соединения. Введение в исследуемый раствор сульфата гидроксилamina устраняет появление окраски от гидроксилamina.

Мешают, кроме этого, нитраты, образующие с дифениламиноокрашенным соединением. Но их можно предварительно восстановить следующим образом. В мерную колбу емкостью 50 мл помещают 25 мл анализируемой сточной воды, прибавляют 2 мл концентрированного раствора аммиака, 1 мл 1%-ного раствора сульфата марганца в 5-ном растворе уксусной кислоты, 0,2 г. цинковой пыли. Закрывают колбу пробкой и встряхивают 5 мин., затем разбавляют содержимое колбы водой до метки, перемешивают и фильтруют через сухой фильтр в сухую колбу. В фильтрате определяют циклогексанол, как описано выше.

### **Определение циклогексаноноксима фотометрическим методом**

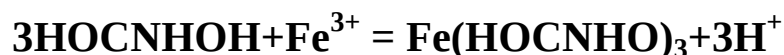
**Сущность метода.** Описываемый метод основан на том, что при подкислении раствора циклогексаноноксима происходит гидролиз его с образованием гидроксилamina:



При действии формальдегида и персульфата аммония гидроксилamin превращается в формгидроксамовую кислоту:



Форма гидроксамовая кислота реагирует с ионами железа (III) с образованием окрашенного в красный цвет соединения:



Мешающие вещества. Реакции не мешают бензол, циклогексан, капролактамы, циклогексанон, циклогексанол и нитробензол. Мешают определению вещества, образующие с ионами железа (III)

окрашенные соединения, например, фенолы.

### **Контрольные вопросы для самопроверки.**

1. В чем заключается сущность фотометрического метода определения циклогексана? Опишите сущность метода определения циклогексана и охарактеризируйте.
2. Какие вещества мешают при определении циклогексана фотометрическим методом и как устраняют мешающие влияния этого вещества? Опишите методику устранения.
3. В чем заключается сущность фотометрического метода определения циклогексанола? Опишите сущность методики определения циклогексанола и охарактеризируйте.
4. Какие вещества мешают при определении циклогексанола фотометрическим методом и как устраняют мешающие влияния этого вещества? Опишите методику устранения.
5. В чем заключается сущность фотометрического метода определения циклогексаноноксима и характеризуйте.
6. Какие вещества мешают при определении циклогексаноноксима фотометрическим методом и как устраняют мешающие влияния этого вещества? Опишите методику устранения.
7. Какие методы и мероприятия используются в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями и вредителями растений и какие из них более эффективны? Перечислите методы и мероприятия и дайте характеристику.

## ЛИТЕРАТУРА

1. M.Busquet, S.Calsamiglia, A.Ferret, C.Kamel, «Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a Peptide and Amino Acids Separation and Identification from Natural Products continuous culture system», *Animal Feed Science and Technology* 2011, 597-613,
2. L.Chen, Q.Chen, Z.Zhang, X.Wan, A novel colorimetric determination of free amino acids in tea infusions with 2,4 - dinitrofluorobenzene, *J. Food Composition Anal.* 2012, 22, 137-141.
3. S.W.Lee, J.M.Lin, S.H.Bhoo, Y.S.Paik, T.R.Hahn, Colorimetric determination of amino acids using genipin from *Gardenia jasminoides*, *Anal. Chim. Acta* 2003, 267-274.
4. Л.И.Цветкова и др. Экология, М.: Изд-во. АСВ; СПб.: Химиздат, 2012, 488 с.
5. В.А.Коптюг Конференция ООН по окружающей среде и развитию: Экос-информ, 2011. №3-4, с. 8-11.
6. Ю.С.Другов и др. Методы анализа загрязнений воздуха. М., Химия, 2011. С. 123-145.
7. Г.В.Добровольский. Охрана почв, Изд. МГУ, 2012. с. 4-42.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.:Минздрав СССР, 1987. С. 45-52.
9. Методы определения химических веществ, предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Минздрав СССР, 1985, с. 3–31.
10. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). ГН1.1.546 11. Госкомсанэпиднадзор РФ. М.: Минздрав России, 2011, с. 51-72. Дополнение 1 к ГН 1.2.6.1323 03 и ГН 1.2.6.1832 12. М.: МЗ РФ, 2012, с. 7-15.
11. М.А.Клисенко, К.Ф.Новикова и др.— Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Т. 1 (с. 566) и 2 (с. 414). М.: Колос, 2012.
12. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сб. МУК 4.1. 1025 11; МУК 4.1. 1130 1152 11; Мук 4.1 1154 1165 09. Вып. 1. М.: Минздрав РФ, 2011, с. 272.
13. Л.И.Цветкова и др. Мониторинг 2010, №2 с. 12-15.
14. Лурье Ю.Ю. Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 2010, с. 335-349.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Лекция №1. ВВЕДЕНИЕ. ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.....                | 3  |
| Лекция №2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ..... | 7  |
| Лекция №3. МЕРЫ БОРЬБЫ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ ВОЗДУХА.....             | 10 |
| Лекция №4. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА.....                     | 13 |
| Лекция №5. МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОСТАВА ВОЗДУХА.....                              | 16 |
| Лекция №6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.....                                    | 20 |
| Лекция №7. АНАЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА.....                     | 24 |
| Лекция №8. СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.....                            | 32 |
| Лекция №9. УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.....                        | 36 |
| Лекция №10. АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД.....                                           | 41 |
| Лекция №11. ПОДГОТОВКА ПРОБЫ В ЛАБОРАТОРИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ АНАЛИЗА.....          | 49 |
| Лекция №12. СУММАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ.....                           | 52 |
| Лекция №13. АНАЛИЗ ПОЧВЫ.....                                                 | 55 |
| Лекция №14. КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВЫ.....                                   | 61 |
| Лекция №15. КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТКОВ ПЕСТИЦИДОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ.....  | 66 |
| Лекция №16. МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ПОЧВ.....                                     | 74 |
| Лекция №17. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....                                  | 78 |
| Лекция №18. АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....           | 84 |
| ЛИТЕРАТУРА.....                                                               | 88 |
| СОДЕРЖАНИЕ.....                                                               | 89 |

**Для заметок.**

**Для заметок.**

**Составитель: ст.преп. Кушназаров П.И.,-Т: ТашГТУ, 2016. 92 с.**  
**«Анализ качества и мониторинг окружающей среды» конспект лекции**

**Редактор: Ахметжанова Г.М.**  
**Корректор: Мирюсупова З.М.**