

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л.М. Кавеленова, Л.В.Кведер

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Рекомендовано Советом по биологии УМО по классическому
университетскому образованию РФ в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по специальности 020201 «Биология»*

Издательство «Самарский университет»
2006

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Самарского государственного университета

УДК 502.7

ББК 20.1

К 125

Кавеленова Л.М., Кведер Л.В.

К 125 Методы контроля за состоянием окружающей среды: Учебное
пособие / - Самара: Изд-во «Самарский университет», 2006. - 100 с.

ISBN 5-86465-341-1

Учебное пособие предназначено для студентов-биологов, изучающих спецкурсы "Охрана окружающей среды", "Методы контроля состояния окружающей среды", и содержит как материалы по основным проблемам контроля качества окружающей среды, так и конкретные методики оценки содержания загрязнителей в воздухе, воде, почве.

Изложенные в методических указаниях методы требуют использования минимальной приборной базы, ограниченного круга реактивов и при достаточном для ориентировочной оценки загрязнения уровне точности быстры в исполнении, что делает возможным их применение в рамках УИРС, НИРС и при работе с учащимися старших классов биологического профиля в школах, лицеях, колледжах.

ББК 20.1
УДК 502.7

Рецензенты: профессор Самарского государственного
педагогического университета В.И. Матвеев,
доцент Самарского государственного архитектурно -
строительного университета О.Г. Орлов

© Кавеленова Л.М.,
Кведер Л.В., 2006

© Издательство «Самарский
университет», 2006

ISBN 5-86465-341-1

ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсивного антропогенного воздействия на окружающую среду усиливающееся загрязнение биосферы и ее компонентов представляет собой опасность, стоящую перед человечеством сегодня и угрожающую его будущему. В связи с этим вопросы контроля качества и регулирования состояния природных сред приобретают небывалую остроту. Как известно, экологическая проблема как совокупность вопросов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при всей многоплановости позволяет выделить три составляющие: биологическую, техническую и социально-экономическую [8]. В процессе обучения в университете студенты-биологи достаточно часто обращаются к первому кругу проблем. Последний представляет собой рассмотрение процессов взаимодействия природы и общества, здесь сталкиваются социальные требования общества и биологические законы. К технической составляющей экологической проблемы следует, очевидно, отнести не только взаимодействие технических средств с компонентами биосферы, но и реальную организацию контроля за состоянием природных сред, те приемы и методы, которые используются или могут быть использованы в этих целях.

Задачу данных указаний мы видим в том, чтобы ознакомить студентов с основными принципами и некоторыми методами контроля химического загрязнения, как наиболее масштабного и угрожающего биосфере. Включенные в методические указания методы отбирались, исходя из возможности их осуществления в учебной лаборатории средней оснащенности или в полевых условиях. Отметим, что первое издание данного пособия, опубликованное в 1994г., было существенно переработано авторами и дополнено рядом новых материалов, которые касаются как общих сведений об организации контроля за загрязнением природных сред, методах этой работы, так и конкретных методик, предлагаемых для знакомства читателю. Основная часть пособия подготовлена профессором СамГУ Л.М. Кавеленовой, разделы 7 и 8 специально для настоящего издания подготовила кандидат биологических наук, руководитель центра стандартизации МИАЦ Министерства здравоохранения Самарской области Л.В. Кведер.

Авторы надеются, что подготовленное ими издание будет полезно не только студентам - будущим экологам, но и педагогам средних школ, лицеев, колледжей и учащимся, чью научную работу они организуют.

1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1.1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ- ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В конце 60-х гг. многие страны осознали, что необходима координация усилий по сбору, хранению и переработке данных о состоянии окружающей среды. В 1972 г. в Стокгольме прошла конференция по охране окружающей среды под эгидой ООН, где впервые возникла необходимость договориться об определении понятия «мониторинг» [20]. Решено было под мониторингом окружающей среды понимать комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Термин появился как дополнение к термину «контроль состояния окружающей среды» [50].

В настоящее время под мониторингом понимают систему непрерывных наблюдений, измерений и оценки состояния окружающей среды в соответствии с заранее подготовленной научно обоснованной программой. Иными словами, это совокупность периодически повторяемых наблюдений за определенными компонентами биосферы, специальным образом организованных в пространстве и во времени, а также адекватный комплекс методов экологического прогнозирования [46].

Основные задачи экологического мониторинга:

- наблюдение за состоянием биосферы,
- оценка и прогноз ее состояния,
- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду,
- выявление факторов и источников воздействия.

В конечном счете, целью экологического мониторинга является оптимизация отношений человека с природой, экологическая ориентация хозяйственной деятельности.

Экологический мониторинг возник на стыке экологии, биологии, географии, геофизики, геологии и других наук. Выделяют различные виды мониторинга в зависимости от критериев:

- **биоэкологический** (санитарно-гигиенический)
- **геоэкологический** (природо-хозяйственный)
- **биосферный** (глобальный)
- **геофизический**
- **климатический**
- **биологический**
- **здоровья населения** и др.

Особую роль в системе экологического мониторинга играет **биологический мониторинг**, т. е. мониторинг биотической составляющей экосистем (биоты) [20]. Биологический мониторинг — это контроль состояния

окружающей природной среды с помощью живых организмов. Главным методом биологического мониторинга - биоиндикация, которая заключается в регистрации любых изменений в биоте, вызванных антропогенными факторами. В биологическом мониторинге могут быть использованы не только биологические, но и любые другие методы, например химический анализ содержания загрязняющих веществ в живых организмах.

Экологический мониторинг следует также рассматривать как деятельность, реализуемую на различных уровнях и затрагивающую, в связи с этим, разные по масштабности природные комплексы. Иными словами, существует **глобальный, региональный и локальный мониторинг** [20].

Мониторинг на локальном и региональном уровнях, как правило, является внутригосударственной задачей, тогда как глобальный мониторинг - задача мирового сообщества. На практике цели глобального мониторинга определяются в ходе международного сотрудничества в рамках различных международных организаций, соглашений (конвенций) и деклараций [36].

1.2. ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Идея создания **Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС)** была высказана на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. Реальные основы ГСМОС были заложены на специальной встрече в Найроби (Кения) в 1974 г., где была уточнена роль агентств и государств ~ членов ООН. Основы ГСМОС в бывшем СССР были разработаны академиком Ю. А. Израэлем и доложены на заседании Совета управляющих ЮНЕП в 1974 г. Отличительной особенностью концепции Ю. А. Израэля было слежение за антропогенными изменениями в окружающей природной среде [20]. Хорошо известно, что со временем происходят естественные, т.е. природные изменения климата, погоды, температуры, давления, сезонные изменения биомассы растений и животных [46]. Эта информация давно используется человеком. Природные изменения происходят сравнительно медленно, за большие отрезки времени. Их регистрируют геофизические, метеорологические, гидрологические, сейсмические и др. службы.

Антропогенные изменения развиваются гораздо быстрее, последствия их весьма опасны, так как могут стать необратимыми. Для их установления необходимо иметь информацию о первоначальном состоянии объекта окружающей среды, т. е. состоянии до начала антропогенного воздействия. Если такую информацию получить невозможно, она может быть реконструирована по имеющимся данным, полученным за относительно большой промежуток времени, по результатам наблюдений за составом донных отложений в водных объектах, составом ледников, состоянием древесных колец, относящихся к периоду, предшествовавшему началу заметного антропогенного воздействия, а также по данным, полученным в местах, удаленных от источника загрязнения.

Эти особенности определяют правомочность другого названия глобального мониторинга - **фоновый мониторинг**, или мониторинг фонового загрязнения окружающей природной среды [39]. В настоящее время создана мировая сеть станций фонового мониторинга, проводящих слежение за определенными параметрами состояния окружающей природной среды. Наблюдения охватывают все типы экосистем: водные (морские и пресноводные) и наземные (лесные, степные, пустынные и др.). Эта работа проводится под эгидой ЮНЕП. Станции комплексного фонового мониторинга расположены в биосферных заповедниках и являются частью глобальных международных наблюдательных сетей.

Современная программа фонового мониторинга предусматривает следующие измерения в природных средах [37, 39]:

- **в воздухе** - диоксид азота, малые газы (фреоны, метан и др.), взвешенные частицы, мутность атмосферы, озон (тропосферный и интегральный), оксиды серы и азота, токсичные металлы (Pb, Hg, Cd, As и др.), 3,4-бенз(а)пирен и другие полиароматические углеводороды (ПАУ), ДДТ и другие хлорсодержащие органические соединения (ХОС);

- **в атмосферных осадках и поверхностных водах** - рН, основные катионы и анионы, токсичные металлы, 3,4-бенз(а)пирен и другие ПАУ, ДДТ и другие ХОС;

- **в почвах, донных отложениях и биоте** - токсичные металлы, 3,4-бенз(а)пирен и другие ПАУ, ДДТ и прочие ХОС.

Для глобального и регионального мониторинга загрязнения в системе ГСМОС в качестве основных целей признаны:

- определение концентрации приоритетных загрязняющих веществ, их распределение в пространстве и изменения во времени;

- оценка величины и скорости потоков загрязнителей и вредных продуктов их превращений;

- обеспечение унифицированных методов пробоотбора и анализа для получения сравнимых результатов и обмен опытом по организации систем мониторинга;

- обеспечение в глобальном масштабе информацией, необходимой для принятия решений по управлению мероприятиями по борьбе с загрязнением окружающей среды [8].

Задачей ГСМОС является также изучение Земли как целостной природной системы. Это было определено Международной геосферно-биосферной программой (МГБП), осуществление которой началось с 1990 г., при широком применении космических средств наблюдений. Предусмотрено семь ключевых направлений [51]:

1. Закономерности химических процессов в глобальной атмосфере и роль биологических процессов в круговоротах малых газовых компонентов. Проекты, выполняемые по этим направлениям, ставят целью, в частности, анализ влияния изменений содержания озона в стратосфере на

проникновение к земной поверхности биологически опасного ультрафиолетового излучения, оценку влияния аэрозолей на климат и др.

2. Влияние биогеохимических процессов в океане на климат и обратные влияния. Проекты включают комплексные исследования глобального газообмена между океаном и атмосферой, морским дном и границами континентов, разработку методик прогнозирования реакции биогеохимических процессов в океане на антропогенные возмущения в глобальном масштабе, изучение эвфотической зоны Мирового океана.

3. Изучение прибрежных экосистем и влияния изменений землепользования.

4. Взаимодействие растительного покрова с физическими процессами, ответственными за формирование глобального круговорота воды. В рамках этого направления будут проводиться исследования по программе глобального эксперимента с целью изучения круговорота энергии и воды в дополнение к исследованиям по Всемирной программе исследований климата.

5. Влияние глобальных изменений на континентальные экосистемы. Будут разрабатываться методики прогноза воздействий изменений климата, концентрации углекислого газа и землепользования на экосистемы, а также обратных связей; исследоваться глобальные изменения экологического разнообразия.

6. Палеоэкология и палеоклиматические изменения и их последствия. Будут проводиться исследования с целью реконструкции истории изменений климата и окружающей среды за период с 2000 г. до н. э. с временным разрешением не более 10 лет.

7. Моделирование земной системы с целью прогноза ее эволюции. Создаются численные модели в глобальном масштабе, делаются количественные оценки взаимодействия глобальных, физических, химических и биологических интерактивных процессов в земной системе на протяжении последних 100 тысяч лет.

В рамках МГБП изучаются биогеофизические круговороты углерода, азота, фосфора и серы, которые сейчас определяются как природными, так и антропогенными факторами.

Глобальные процессы являются объектом пристального внимания индустриально развитых стран и международного сотрудничества. В рамках общего соглашения между странами «восьмерки» (Великобритания, Италия, Канада, США, Франция, Германия, Япония, Россия) создан международный комитет по природно-ресурсным спутникам. В рамках российско-американской комиссии «Гор-Черномырдин» был подписан ряд документов: Заявление о реализации специальной экологической инициативы; Заявление о намерениях в совместном осуществлении мер, связанных с сокращением выбросов газов, вызывающих парниковый эффект, и др. Заявление о реализации специальной экологической инициативы подразумева-

ет использование для решения экологических проблем данных космических архивов. Фотографии, накопленные за 30 лет, дали уникальный материал, как, например, картографические данные о последствиях землетрясений в г. Нефтегорске в мае 1995 г. [37].

В России основными направлениями глобального мониторинга считают изучение:

- незначительных, но проявляющихся повсеместно изменений, например глобальных изменений климата вследствие загрязнения;

- эффектов, связанных с распространением загрязняющих веществ на большие расстояния, например закисления среды под влиянием выбросов в атмосферу серы;

- антропогенных воздействий, обладающих большой инерционностью эффектов, например кумулятивного эффекта хлорорганических пестицидов [37].

1.3. НАЦИОНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ: ОБЩАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИИ

Система наблюдений за качеством окружающей среды в нашей стране насчитывает более чем полувековую историю. Как таковой контроль за состоянием окружающей природной среды в нашей стране был начат в 30-е годы на нескольких водных объектах, где проводилось определение главных ионов и биогенных элементов [1, 8, 9, 37]. В 50-х годах в системе гидрометслужбы СССР наряду с гидрометеорологическими наблюдениями были начаты работы по контролю за радиоактивным загрязнением, а с 1963 года - за загрязнением атмосферного воздуха и вод. Позже, в течение десятилетия, прошло становление первого этапа контроля загрязнения природной среды, активно внедрялись методы контроля веществ-загрязнителей антропогенного происхождения [8, 17].

В 1972 году на базе целого ряда министерств и ведомств была организована общегосударственная служба наблюдения и контроля за загрязнением природной среды (ОГСНК). Общее руководство ОГСНК осуществлял Госкомгидромет СССР. Структура органов, входивших в состав данной службы, неоднократно уточнялась в ходе создания сети наблюдений в различных природных средах, которая представляет собой составную часть ГСМОС, реализуемой в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) [8].

В 80-е годы функции контроля за охраной атмосферного воздуха перешли к Госкомприроде СССР (позже - Министерство охраны окружающей среды СССР, затем России), действующая в системе Госкомгидромета сеть наблюдений относилась к системе мониторинга, то есть являлась пассивной информационной системой, не имеющей элементов управления.

Контроль за качеством и распределением пресных вод был возложен на ряд министерств и ведомств. За санитарно-гигиеническим состоянием

водоемов в пределах городов, населенных пунктов следило Министерство здравоохранения России, санитарно-эпидемиологическая служба которого проводила систематический контроль санитарно-биологических характеристик водных объектов, откуда осуществлялось водоснабжение. Непосредственно на предприятиях должна была выполняться работа по контролю воздуха (на рабочих местах и атмосферного) и сточных вод.

Контроль качества вод, воздуха, почв осуществлялся в соответствии с нормативно-технической документацией (ГОСТ, ОСТ и т.д.) (см, примеры в библиографическом списке).

В 1993 г. вышло Постановление Правительства РФ № 1229 «О создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)». Цель ЕГСЭМ - создать источник объективной комплексной информации о состоянии окружающей природной среды в РФ.

Согласно Положению о ЕГСЭМ, она осуществляет:

- **мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;**
- **мониторинг загрязнения абиотической компоненты;**
- **мониторинг биотической компоненты;**
- **обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.**

Таким образом, ЕГСЭМ создается на основе действующих в настоящее время в РФ систем мониторинга, осуществляемого различными ведомствами, среди которых назовем важнейшие: Роскомнедры, Роскомвод, Росгидромет, Госгортехнадзор, Госсанэпиднадзор, Российское космическое агентство и др. [51].

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу природной среды (Росгидромет) имеет наиболее апробированную и разветвленную сеть наблюдений за состоянием природной среды. Действующая в рамках Росгидромета государственная сеть мониторинга загрязнения природной среды - Государственная служба наблюдений (ГСН), - создана в бывшем СССР в 1972 г. и активно функционирует с 1977 г. В 1996 г. принято Постановление Правительства РФ о Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу природной среды. В сферу ее деятельности входят наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов (морских и пресноводных), за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу, а также специальные работы по мониторингу радиоактивного загрязнения, закисления; фоновый мониторинг, комплексные обследования загрязненности природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. ГСП проводит следующие основные виды наблюдений:

- за состоянием загрязнения воздуха в городах, промрайонах;
- за состоянием загрязнения почв;
- за состоянием загрязнения пресных и морских вод;

- за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;
- комплексные наблюдения за загрязнением природной среды и состоянием растительности;
- за химическим и радионуклидным составом и кислотностью атмосферных осадков и загрязнением снежного покрова;
- за фоновым загрязнением атмосферы.

В настоящее время контроль за состоянием природных сред в Российской Федерации организован следующим образом (по данным Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды РФ за 1999 г.) [15].

Государственная наблюдательная сеть за загрязнением окружающей природной среды **Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды** по состоянию на 1 января 2000 г. имеет следующий количественный состав.

Наблюдения за загрязнением атмосферы проводятся регулярно в 219 городах и населенных пунктах Российской Федерации на стационарных постах (621) Росгидромета. В большинстве городов измеряются концентрации от 5 до 25 веществ.

Наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1145 водных объектов. Отбор проб ведется на 1737 пунктах (2417 створах) по физическим и химическим показателям с одновременным определением гидрологических показателей.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям проводятся в пяти гидрографических районах на 81 водном объекте по 170 створам. Программа наблюдений включает от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением морской среды по гидрохимическим показателям проводятся на 160 станциях в прибрежных районах 8 морей, омывающих территорию Российской Федерации. В отобранных пробах определяется до 24 ингредиентов.

Сеть станций наблюдения трансграничного переноса веществ ориентирована на западную границу Российской Федерации. В настоящее время работают 4 станции: Янискоски, Шепелево, Данки, Пинега. На станциях наблюдений производится отбор и анализ атмосферных аэрозолей, газов (диоксидов азота и серы) и атмосферных осадков.

Пунктами сети наблюдений за загрязнением почв являются сельскохозяйственные угодья (поля), отдельные лесные массивы зон отдыха (парки, летние детские лагеря, санатории, дома отдыха) и прибрежных зон, расположенные на территории 9 Управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) и Московского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС). В 1999 г. отбор почв производился в 154 хозяйствах, расположенных на территории 34 субъектов Российской Федерации. В отобранных пробах определялись

пестициды 22 наименований. Наблюдением за загрязнением почв ингредиентами промышленного происхождения на территории России занимаются 8 УГМС и Московский ЦГМС. Отбор проб проводился в районе 220 населенных пунктов и заповедников. В отобранных пробах определяется до 24 ингредиентов промышленного происхождения.

Сеть комплексного мониторинга загрязнения природной среды и состояния растительности (СМЗР) насчитывает 30 постов, которые располагаются на территории 11 УГМС. Посты наблюдения организованы: вокруг крупных промышленных предприятий, где отмечаются серьезные повреждения лесов на достаточно больших площадях; в ценных лесах, отнесенных к памятникам природы; в районах ввода в действие новых крупных промышленных предприятий, выбросы которых в ближайшее время могут привести к ослаблению и повреждению лесонасаждений. Наблюдения проводятся на постоянных пробных площадях.

Сеть станций, осуществляющих **наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков**, состоит из 92 станций федерального уровня, отбирающих на химический анализ суммарные пробы, и 145 пунктов, на которых в оперативном порядке измеряется только величина рН. **Система контроля загрязнения снежного покрова** на территории России осуществляется на 554 пунктах. В пробах определяются ионы сульфата, нитрата аммония, значения рН, а также бенз(а)пирен, тяжелые металлы.

Система фоновой мониторинга ориентирована на получение информации о состоянии природной среды на территории Российской Федерации. На территории России находятся станции комплексного фоновой мониторинга (СКФМ), расположенные в биосферных заповедниках.

Наблюдения за радиационной обстановкой осуществляются на стационарной сети путем измерений: мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на местности (1297 пунктов); выпадений радиоактивных аэрозолей из атмосферы (398 пунктов); концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы (54 пункта); содержания трития, стронция в пробах атмосферных осадков (32 пункта), морских (15) и пресных вод (46 пунктов). Гамма-спектрометрический и радиохимический анализ проб объектов окружающей природной среды проводится в специализированных радиометрических лабораториях и группах.

Кроме того, в системе Росгидромета ведется работа по оперативному выявлению и расследованию опасных эколого-токсикологических ситуаций, связанных как с аварийным загрязнением природной среды, так и с выявлением возможных причин ее неблагоприятного изменения неизвестного происхождения.

Государственный мониторинг водных объектов (подземных вод, водохозяйственных систем и сооружений) осуществляет и организует МПР России, оно же проводит совместно с Росгидрометом мониторинг поверхностных водных объектов и с Госкомэкологией России - монито-

ринг источников загрязнения водных объектов. Мониторинг водных объектов осуществляется на локальном, территориальном, бассейновом (региональном) и федеральном уровнях.

МПР России и его бассейновые (территориальные) органы осуществляют координацию и ведение государственного мониторинга водных объектов (ГМВО) и мониторинга водохозяйственных систем и сооружений (ВХСС).

В рамках **государственного мониторинга геологической среды** (ГМГС) осуществляется:

- ведение государственного водного кадастра;
- контроль за качеством, использованием, ресурсами подземных вод (21 тыс. наблюдательных пунктов) и развитием опасных экзогенных геологических процессов (1300 наблюдательных участков);
- сейсмологические наблюдения с целью прогноза землетрясений (40 пунктов наблюдений);
- работы по созданию подсистем ГМГС для мониторинга континентального шельфа Российской Федерации, мониторинга месторождений полезных ископаемых (совместно с Госгортехнадзором России).

Госгортехнадзор России осуществляет координацию развития, функционирования системы горно-экологического мониторинга, а также контроль за соблюдением предприятиями горнодобывающих отраслей промышленности установленных требований по обеспечению наблюдений за вредным влиянием горных работ на окружающую среду.

Огужба контроля Госсанэпиднадзора объединяет санитарно-гигиенические и микробиологические лаборатории, где определяют химические, микробиологические и паразитологические показатели. Проводится контроль за состоянием атмосферного воздуха в городах и контроль гигиены источников питьевой воды, токсикологический и бактериологический контроль территорий, складов ядохимикатов, сельхозугодий и т. д. Создается **система социально - гигиенического мониторинга**.

Российским космическим агентством проводится экологический мониторинг территорий и объектов, загрязненных компонентами ракетно-космического топлива. Создается комплексная система экологического мониторинга космодромов.

1.4. РЕГИОНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ: ИНФОРМАЦИЯ О РАБОТЕ ПРИВОЛЖСКОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА ПО МОНИТОРИНГУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Экологический мониторинг осуществляется Приволжским территориальным центром по мониторингу загрязнения окружающей среды на территории пяти областей: Самарской, Саратовской, Оренбургской, Пензенской, Ульяновской и Республики Татарстан, общей площадью 425 тыс. кв. км и населением более 14,5 млн. человек, что составляет около 10% насе-

ления России. Ниже мы используем сведения информационного листка Приволжского территориального центра, выпущенного в 2000 году.

Мониторинг загрязнения окружающей среды проводится в соответствии с методиками, утвержденными для Общегосударственной системы наблюдений за загрязнением окружающей среды и разрешенными к использованию Госстандартом РФ.

АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ. Работы по определению уровня загрязнения воздушного бассейна на территории Среднего Поволжья ведут свою историю с 1966 года, когда был начат отбор проб воздуха в г. Куйбышеве. С 1967 года регулярные наблюдения организованы в Казани, Оренбурге, Саратове, Орске, Новокуйбышевске. Позже в список городов были включены Тольятти, Пенза, Ульяновск, Сызрань. В настоящее время мониторинг загрязнения атмосферы осуществляется в 22 городах региона на 72 стационарных пунктах наблюдений. В Самарской области наблюдения проводятся в 7 городах: Жигулевске, Новокуйбышевске, Отрадном, Самаре, Сызрани, Тольятти, Чапаевске.

В лабораториях Центра химическими, хроматографическими, спектральными методами анализа контролируется содержание около 40 загрязняющих веществ I - IV классов опасности, включая тяжелые металлы. Основными загрязняющими веществами атмосферного воздуха являются: формальдегид, фенол, фтористый водород, диоксид азота, бенз(а)пирен, аммиак, сероводород. На 11 метеостанциях региона контролируется кислотность атмосферных осадков, проводится определение химического состава суммарных месячных проб осадков.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ СУШИ Первая гидрохимическая съемка Куйбышевского и Саратовского водохранилищ на участке от г. Зеленодольска в Татарии до г. Балаково в Саратовской области состоялась весной 1969 года. В настоящее время мониторинг качества поверхностных вод осуществляется в 80 пунктах наблюдений на 52 водных объектах. Мониторинг качества поверхностных вод суши проводится в бассейнах рек Волга, Урал, Дон, Волго-Уральского междуречья. Изучение гидробиологического режима на реках, Куйбышевском и Саратовском водохранилищах проводится по 5 показателям: фитопланктону, зоопланктону, пигментам фитопланктона, бентосу и перифитону. На территории Самарской области мониторинг качества поверхностных вод осуществляется на Куйбышевском и Саратовском водохранилищах, 12 наиболее крупных реках и Ветлянском водохранилище. В воде рек и водохранилищ контролируется содержание 57 загрязняющих веществ. Основными загрязняющими веществами, характерными для поверхностных вод нашей области, являются: нефтепродукты, соединения меди, фенолы, сульфаты, легкоокисляемые органические вещества, хлорорганические пестициды.

Мониторинг загрязнения снежного покрова проводится на 32 метеостанциях. Количество определяемых показателей в снежном покрове тесно

увязывается со спецификой выбросов промышленных предприятий городов. Начиная с 1987 года, осуществляются ежегодные снегосъемки на территории крупных промышленных городов (Балаково, Новотроицк, Орск, Самара, Саратов, Дзельягги).

ПОЧВА С 1978 года Центром проводится работа по определению в почве пестицидов и токсикантов промышленного происхождения. На территории деятельности Центра насчитывается около 3,5 тыс. хозяйств, использующих химические средства защиты сельскохозяйственных растений. По данным станций защиты растений используется около 80 различных химических препаратов. Подразделениями Центра ведутся наблюдения за содержанием в почве 12 наименований пестицидов. К токсикантам промышленного происхождения относятся тяжелые металлы. Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами проводится по 10 наименованиям: никель, кобальт, свинец, марганец, хром, медь, молибден, ванадий, олово, кадмий. В Самарской области комплексное обследование загрязнения почв проводится в 6 районах, общей площадью 1328,8 га. Проведены наблюдения за химическим составом почв национального парка «Самарская Лука».

РАДИАЦИЯ. На территории Среднего Поволжья размещено 5 радиационно опасных объектов: Балаковская АЭС, научно-исследовательский институт атомных реакторов в г. Димитровграде, пункты захоронения радиоактивных отходов в районах городов: Казань, Самара, Саратов. В 100-километровой зоне данных объектов ежедневно проводится измерение дозы гамма - излучения, определение радиоактивности атмосферных выпадений (дождя, снега, пыли). Ежегодно проходит экспедиционное обследование населенных пунктов, при котором проводится отбор проб почвы на радиоизотопный состав и определяется мощность экспозиционной дозы.

Радиационный мониторинг организован на базе 85 метеорологических станций, расположенных на территории деятельности Центра. Ежедневно проводятся замеры мощности экспозиционной дозы гамма-излучения - фотонного (электромагнитного) излучения, испускаемого при ядерных превращениях, представляющего основную опасность как источник внешнего облучения. Одновременно определяется радиоактивность выпадений из атмосферы по бета -излучению - электронному ионизирующему излучению, испускаемому при ядерных превращениях.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС оказались загрязненными отдельные районы Пензенской, Саратовской, Ульяновской областей, а также Татарстана. Центром проводятся регулярные наблюдения по выявлению загрязненных территорий для их дальнейшей реабилитации.

1.5. ЛОКАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ: КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ ВОЗДУХА СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Чтобы рассмотреть, как практически организуется мониторинг загрязнения окружающей среды на локальном уровне, обратимся к схеме кон-

грозя за качеством атмосферного воздуха в современном городе, в завершение раздела использовав информацию для г. Самары [30, 31, 42].

Необходимость контроля загрязнения воздуха в зоне интенсивного антропогенного воздействия определяется в ходе предварительных экспериментальных исследований в течение 1-2 лет и теоретического анализа ситуации методами математического и физического моделирования. С помощью передвижных лабораторий при рекогносцировочном методе оцениваются источники загрязнения, их расположение и параметры, основные тенденции перемещения воздушных масс.

Если показана вероятность роста концентрации примеси выше установленных нормативов, то за содержанием этой примеси в исследуемой зоне устанавливается наблюдение [1, 4, 8, 18, 23].

Установив степень загрязнения воздуха всеми веществами, выбрасываемыми ныне действующими и планируемыми источниками, и характер изменения полей концентрации загрязняющих веществ по территории и во времени, приступают к выработке схемы размещения стационарных постов по территории города. В зависимости от расположения пост может давать информацию об общем состоянии воздушного бассейна и осуществлять контроль за источниками выбросов. При размещении постов предпочтение отдается районам жилой застройки, где высока плотность населения и возможны случаи превышения ПДК.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль, оборудованные соответствующими приборами. Устанавливаются посты наблюдений трех категорий: **стационарные, маршрутные, передвижные (подфакельные)** [20, 30, 42].

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ. Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливаются в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках, зонах отдыха [8, 42].

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно (нецелесообразно) установить стационарный пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например, в новых жилых районах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатория, ко-

торая оснащена необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливают в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4-5 точек. Порядок объезда выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы обеспечить определение концентраций примесей в постоянные сроки.

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений, расчетов полей максимальных концентраций примесей. При этом учитывается повторяемость направления ветра над территорией города. Размещение стационарных постов согласовывается с местными органами здравоохранения и Росгидромета [30].

Число стационарных постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, рассредоточенности мест отдыха. В зависимости от численности населения устанавливаются: 1 пост - до 50 тыс. жителей; 2 поста - 50-100 тыс. жителей; 2-3 поста - 100-200 тыс. жителей; 3-5 постов - 200-500 тыс. жителей; 5-10 постов - более 500 тыс. жителей; 10 - 20 постов (стационарных и маршрутных) - более 1 миллиона жителей. Количество постов может быть увеличено в условиях сложного рельефа местности, при наличии большого количества источников загрязнения, а также объектов, для которых чистота воздуха имеет первостепенное значение (например, уникальных парков и др.).

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырех программ: полной, неполной, сокращенной, суточной. Наблюдения на маршрутных постах, как и на стационарных, проводятся по полной, неполной или сокращенной программе. Сроки отбора проб воздуха при подфакельных наблюдениях должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных с особенностями режима выбросов и метеорологических условий рассеивания примесей.

В период неблагоприятных метеорологических условий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения (ВЗ), проводят наблюдения через каждые 3 часа. При этом отбирают пробы на территории наибольшей плотности населения на стационарных или маршрутных постах или под факелом основных источников загрязнения [31].

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Наблюдения под факелом предприятия могут проводиться также с помощью оборудованной автомашины. Подфакельные посты - точки, расположенные на фиксированных расстоя-

ниях от источника, которые размещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выбросов. Наблюдения на подфакельных постах ведут как соответствующие службы промышленного предприятия, так и специалисты Гидромета или других служб.

Что касается г. Самары, то сеть мониторинга здесь включала десять стационарных постов государственной службы наблюдений (ПНЗ), а также два стационарных поста, финансируемых городской администрацией. В настоящее время не все они в полном объеме действуют, что вызвано прежде всего сложностями с финансированием (рис. 1). Станции подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (станции 1, 2, 6, 10), «промышленные» вблизи предприятий (станции 4, 8, 9) и «авто» вблизи автомагистралей, в районах с интенсивным движением транспорта (станции 3, 7, 11). Данные о загрязнении атмосферного воздуха, ранее закрытые для широкого использования, в настоящее время представляются по запросам организаций за плату.

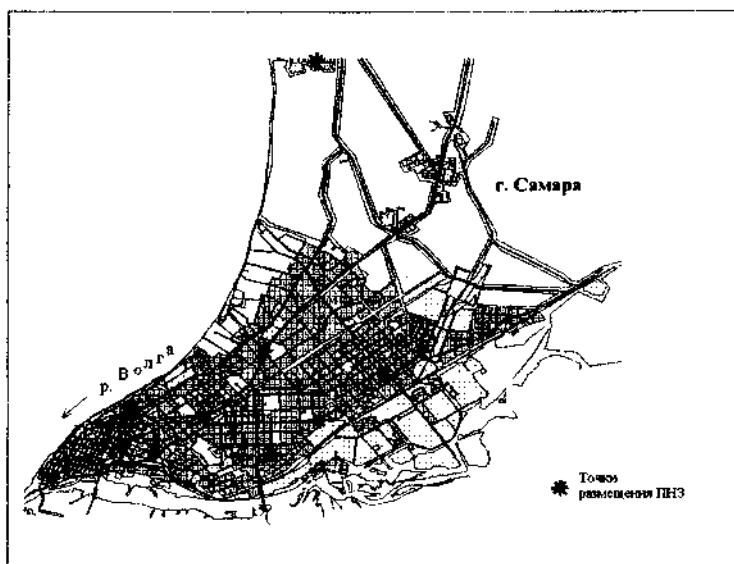


Рис. 1. Схема расположения стационарных постов наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗ) на территории города Самары.

В атмосферном воздухе г. Самары проводится определение 26 вредных веществ (диоксида и оксида азота, аммиака, бенз(а)пирена, бензола, фтористого водорода, хлористого водорода, кадмия, ксилола, марганца, меди, никеля, пыли, свинца, сероводорода, диоксида серы, растворимых сульфатов, толуола, трикрезола, углеводов, оксида углерода, фенола,

формальдегида, хрома, цинка, этилбензола. На конкретном ПНЗ число определяемых ингредиентов может составлять от 4 до 18. На всех постах проводится оценка содержания в воздухе сравнительно небольшого числа ингредиентов (пыль, диоксид серы, оксид углерода, Диоксид азота), тогда как определение других примесей приурочено к территориям их наиболее вероятного поступления в атмосферу.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ГЛАВЫ 1

1. Дайте определение понятию мониторинга. Насколько оно синонимично понятию «контроль качества окружающей среды»?

2. Какие виды мониторинга вам известны? Какие критерии лежат в основе классификации различных направлений мониторинга?

3. Перечислите точки осуществления фоновых мониторинга на территории России.

4. Изобразите в виде таблицы работу компонентов ЕГСЭМ:

Контролирующее ведомство	Компонент природной среды	Вопросы, подлежащие контролю	Особенности деятельности

5. Составьте краткую цифровую справку по основным направлениям работы, осуществляемой Приволжским территориальным Центром по мониторингу загрязнения окружающей среды на территории области.

6. Сравните стационарный, маршрутный и подфакельный пост контроля за атмосферным воздухом: по целям организации; размещению; численности в населенных пунктах; ведомственной принадлежности.

2. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и санитарно-гигиеническом нормировании является понятие вредного вещества. В специальной литературе принято называть **вредными** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Как правило, все **ксенобиотики** (чужеродные для живых организмов, вновь синтезированные вещества) рассматривают как вредные [7, 24, 52].

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия. **Порог вредного действия** — это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Таким образом, пороговая доза вещества (или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма) [49].

Под **токсичностью** понимают способность веществ вызывать нарушения физиологических функций организма, что в свою очередь приводит к заболеваниям (отравлениям) или, в тяжелых случаях, к гибели. Фактически токсичность — мера несовместимости вещества с жизнью [24, 51, 52].

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной токсической дозы — количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность. Различают среднесмертельные (ЛД₅₀), абсолютно смертельные (ЛД₁₀₀), минимально смертельные (ЛД_{0-ю}) и др. дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта, в данном случае, смерти, в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм. Доза ЛД₅₀ (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем ЛД₁₀₀ или ЛД₀. В зависимости от типа дозы, вида животных и пути поступления, выбранных для оценки, порядок расположения веществ на шкале токсичности может меняться. Величина токсической дозы не используется в системе нормирования.

Санитарно-гигиеническое нормирование основывается на ряде общих принципов [49]:

1. Любой химический загрязнитель имеет свой порог действия, целью нормирования является нахождение пороговой и подпороговой концентраций. Безвредные концентрации загрязнителей обнаруживаются на уровне, соответствующем подпороговой концентрации.

2. Установленная предельно допустимая концентрация (ПДК), безвредный уровень, должна защищать от неблагоприятного воздействия каждого члена общества, поэтому нормирование ведут в расчете на наиболее уязвимые группы населения (дети, больные, старики).

3. В основу санитарно-гигиенического нормирования положен эксперимент. Второй этап включает натурные наблюдения над населением. Учитывая практику выбора концентраций для воздействия на животных, ПДК устанавливается обычно в 3-10 раз ниже порогового уровня.

4. При оценке порогового уровня необходимо учитывать функциональные неспецифические изменения в организме и отдаленные последствия, а не только очевидные патологические изменения.

Иллюстрацией того, как к определенной природной среде - атмосферному воздуху - прилагаются данные принципы, служат сформулированные в конце 40-х годов, однако не утратившие своей значимости критерии вредности атмосферных загрязнений:

1. Допустимой может быть признана концентрация загрязнителя в атмосферном воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного влияния, не снижает его работоспособности, не влияет на самочувствие.

2. "Привыкание" к загрязнителям должно рассматриваться как неблагоприятный эффект и доказательство недопустимости такой концентрации.

3. Недопустимы концентрации загрязнителей атмосферы, неблагоприятно влияющие на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия населения [9].

Все эти положения, как мы видим, ориентированы на приоритетный учет последствий для здоровья человека. Однако вид *Homo sapiens* не является наиболее чувствительным в отношении целого ряда загрязнителей окружающей среды (табл. 1), поэтому переход от санитарно - гигиенического к собственно экологическому нормированию подразумевает, что нормативы должны разрабатываться с учетом наиболее уязвимых компонентов экосистем.

Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. **Допустимой** считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений, и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов, не ведет к ухудшению качества среды.

К настоящему времени известны лишь некоторые попытки учета нагрузки для растений суши и для сообществ водоемов рыбохозяйственного назначения.

Таблица 1

Максимально-разовые ПДК для человека, растений и биосферы в целом
(по [49])

Загрязнители	Максимальные разовые ПДК загрязнения воздуха, мг/м ³		
	для человека	для растений	для биосферы
Аммиак	0,2	0,05	0,05
Диоксид азота	0,085	0,02	0,2
Диоксид серы	0,5	0,02	0,02
Оксид углерода	3,0	4000	3,0
Хлор	0,1	0,025	0,025

В Законе Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» [19] установлены требования к нормированию качества среды обитания и уровней воздействия на окружающую среду. В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации **нормирование качества окружающей природной среды** производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности (статья 25). При этом под **воздействием** понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных и других интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

В основу нормативов качества положены три показателя:

- **медицинский** (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе);
- **технологический** (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и условия его жизнедеятельности);
- **научно-технический** (способность технических средств обеспечить контроль за соблюдением пределов воздействия по всем параметрам).

Нормативы воздействия на окружающую среду устанавливаются требованиями к источнику вредного воздействия, ограничивая его определенной пороговой величиной. К этим нормативам относятся предельно допустимые нормы сбросов и выбросов вредных веществ химического, физического, биологического, радиационного и другого воздействия [30].

Напомним еще раз, что критериями оценки качества природных сред (воздуха, вод, почв) выступают предельно допустимые концентрации - ПДК. Их разработка начата в СССР еще в 30-е годы, когда появились пер-

вые ПДК для отдельных загрязнителей атмосферы [8]. К настоящему времени разработано и утверждено большое количество нормативов для различных объектов, причем работа над ПДК для почвы начата сравнительно недавно (табл. 2).

Таблица 2

Количество санитарно-гигиенических стандартов, ограничивающих содержание вредных веществ в объектах окружающей среды* [49]

Объект окружающей среды	ПДК	ДОК**	ОБУВ***
Воздух рабочей зоны	1323	-	154
Кожа работающих	11	-	-
Воздух атмосферы населенных мест	339	-	292
Вода водоемов санитарно - хозяйственного водопользования	960	-	-
Вода водоемов рыбохозяйственного назначения	336	-	-
Пищевые продукты	-	480	-
Почва	71	-	-

* Данные по СССР, 1986 год.

** ДОК - допустимые остаточные количества.

*** ОБУВ - ориентировочные безопасные уровни воздействия.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) — нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека, не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться **временно допустимые концентрации (ВДК), ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ), а для почвы - ориентировочная допустимая концентрация (ОДК)** — полученные расчетным путем нормативы, рекомендованные для использования сроком на 2-3 года.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования, предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают **научно-технические нормативы**. К научно-техническим нормативам относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране ок-

ружающей природной среды. В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: **при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.**

Научно-техническое нормирование предполагает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении загрязнения окружающей среды, иными словами, определяет предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК в окружающей среде **само по себе** не является нарушением со стороны предприятия, хотя обычно служит сигналом невыполнения установленных научно-технических нормативов (или свидетельством необходимости их пересмотра) [51].

Ведущие принципы, лежащие в основе разработки норм ПДК для воздушной среды, были названы выше. Обратимся к соответствующим положениям для водных и почвенных стандартов.

Критерии безвредности **химических веществ в воде** вытекают из возможности нарушения водопользования и рассматриваются в следующих аспектах [49]:

1. Токсикологическая оценка влияния веществ на организм. Для ее реализации проводятся эксперименты (острые, подострые, хронические), направленные на установление пороговой концентрации, $ЛД_{50}$, $ЛД_{100}$ для данного загрязнителя.

2. Влияние вещества на органолептические свойства воды. Исследования по данному направлению служат установлению пороговых концентраций загрязнителя, способных придавать воде не свойственные ей запах, окраску, мутность, привкус, либо приводит к образованию пены либо пленок.

3. Влияние на санитарный режим водоема. Отслеживается динамика содержания растворимого в воде кислорода, продуктов аммонификации, нитрификации и др., устанавливаются концентрации, нарушающие процессы биологического поглощения кислорода, развитие и отмирание сапрофитной микрофлоры и т.д.

При получении разных показателей по трем этим критериям за ПДК принимают наименьший, а в соответствующих справочниках указывают критерий, по которому установлен норматив.

Критерием безвредности уровней **химических веществ в почве** выступает отсутствие отрицательного прямого или косвенного воздействия на здоровье человека, его потомство, санитарные условия жизни населения

и самоочищающую способность почвы. В ходе разработки нормативов ПДК для почвы количественно оцениваются 4 показателя, определяемые экспериментально: **транслокационный, миграционный, воздушный и общесанитарный** [9.]. Как и для водной среды, из 4 величин для данного химического соединения за основу для установления ПДК будет принят наименьший показатель. В качестве справочного материала приведем сведения о ПДК для некоторых загрязнителей (таблицы в конце главы).

2.2 ВИДЫ НОРМ И НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Для оценки качества окружающей среды используют нормы и нормативы, ограничивающие воздействие вредных факторов. При обосновании норм и нормативов исходят из общего принципа — естественная адаптационная возможность организма. При воздействии вредного вещества на организм вначале возникает адаптация, затем — «предболезнь» и далее, при сохранении той же интенсивности воздействия, развиваются различные патологические болезненные эффекты, включающие в себя канцерогенные¹, мутагенные², аллергенные, гонадотропные и др. Эти эффекты могут вызвать болезнь и даже привести к летальному исходу. Среди норм и нормативов качества окружающей среды выделяют **санитарно-гигиенические, экологические, производственно-хозяйственные и временные** (ниже используется материал из работы В.Ф.Протасова [37]).

А. Санитарно-гигиенические нормативы

К ним относятся **гигиенические и санитарно-защитные** нормативы. Под **гигиеническими нормативами** понимают предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере, водоемах и почве, уровни вредных физических воздействий — вибраций, шума, электромагнитного и радиоактивного излучения, не оказывающих какого-нибудь вредного воздействия на организм человека в настоящее время и в отдаленном будущем, а также на здоровье последующих поколений. Если вещество оказывает вредное воздействие на окружающую природу в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую среду.

К гигиеническим нормативам относят также токсикометрические показатели, представляющие собой концентрации, дозы вредных веществ или физические факторы, которые вызывают фиксируемые реакции организма. Эти нормативы наиболее распространены и едины по всей территории страны. Наряду с ними в необходимых случаях устанавливают более жесткие нормативы вредных воздействий для отдельных районов.

Санитарно-защитные нормативы предназначены для защиты здо-

¹ Канцерогенный - вызывающий развитие злокачественных опухолей.

² Мутагенный - провоцирующий возникновение мутаций.

³ Гонадотропный - негативно влияющий на работу половых органов

рevity человека от вредного воздействия источников загрязнения и обеспечения достаточной чистоты пунктов водопользования. Их используют при образовании санитарных зон источников водоснабжения, пунктов водопользования, санитарно-защитных зон предприятий.

Б. Экологические нормативы

Экологические нормативы определяют предел антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которого может создать угрозу сохранению оптимальных условий совместного существования человека и его внешнего окружения. Они включают в себя экологогигиенические и эколого-защитные нормативы, а также предельно допустимые нормативные нагрузки на окружающую среду.

При установлении **эколого-гигиенических нормативов** следует учитывать, что многие живые организмы более чувствительны к загрязнениям, чем человек, для которого установлены существующие нормативы, поэтому целесообразно определять их на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность организмов.

Эколого-защитные нормативы направлены на сохранение генофонда Земли, восстановление экосистем, сохранение памятников всемирного культурного и природного наследия. Они используются при организации охранных зон заповедников, национальных парков, биосферных заповедников, зеленых зон городов и пр.

Применение системы **предельно допустимых нормативов** нагрузки на окружающую среду направлено на предотвращение истощения природной среды и разрушения ее экологических связей, обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Эти нормативы представляют собой научно обоснованные предельно допустимые антропогенные воздействия на определенный природно-территориальный комплекс.

В. Производственно-хозяйственные нормативы

Производственно-хозяйственные нормативы предназначены для ограничения параметров производственно-хозяйственной деятельности конкретного предприятия с позиций сохранения природной среды. К ним относятся технологические, градостроительные, рекреационные и другие нормативы хозяйственной деятельности.

Технологические нормативы включают: предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы и предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ). Эти нормативы устанавливаются для каждого источника поступления загрязнений в окружающую среду и тесно связаны с профилем работы, объемом и характером загрязнений конкретного предприятия, цеха, агрегата. В связи с этим они могут быть разными даже в рамках одного предприятия. Область регламентированного воздействия ПДВ, ПДС и ПДТ на качество окружающей среды весьма широка. С

помощью этих нормативов лимитируются отходы и выбросы, производимые в результате осуществления отдельных видов работ на предприятиях, шумовое загрязнение воздушной среды, расход топлива и пр. В то же время данные нормативы, характеризующие предельно допустимое количество загрязнений, поступающих в окружающую среду в зоне расположения источников, оборудованных системами обезвреживания, не позволяют дать оценку самим системам обезвреживания.

Градостроительные нормативы разрабатывают для обеспечения экологической безопасности при планировке и застройке городов и других населенных пунктов.

Рекреационные нормативы определяют правила пользования природными комплексами в целях обеспечения условий для полноценного отдыха и туризма.

Г. Временные нормативы

В тех случаях, когда по тем или иным объективным причинам не представляется возможным разработать гигиенические или технологические нормативы, устанавливают **временные нормативы**. По мере роста научных знаний, развития и совершенствования техники и технологии их регулярно пересматривают в сторону ужесточения с тем, чтобы воздействие на природу было минимальным.

2.3. НОРМАТИВЫ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ, ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ПОЧВЫ, ШУМА И РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. Оценка качества воздушной среды осуществляется на основе следующих нормативов [9, 11].

- **Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК_{рз}**, мг/м³. При ежедневной восьми-, семи- и шестичасовой работе (кроме выходных дней) или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю. Эта концентрация в течение всего рабочего дня не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни человека.

- **Предельно допустимая максимальная разовая концентрация** загрязняющего вещества в воздухе населенных мест **ПДК_{мр}**, мг/м³. При вдыхании в течение 30 мин эта концентрация не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

- **Предельно допустимая среднесуточная концентрация** вредного вещества в воздухе населенных мест **ПДК_{сс}**, мг/м³, которая не должна вызывать отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующих поколений при неопределенно долгом (в течение нескольких лет) вдыхании.

- **Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия)** загрязняющего вещества в воздухе рабочей

зоны ВДК_{рз}, мг/м³. Числовые значения этого показателя для различных веществ определяются расчетным путем и действуют в течение 2 лет.

- **Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия)** вредного вещества в атмосфере ВДК_{ав}, мг/м, размер которой устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

- **Предельно допустимый выброс** загрязняющих веществ в атмосферу ПДВ, кг/сут (г/ч). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. Он определяется расчетным путем на 5 лет.

- **Временно согласованный выброс ВСВ**, кг/сут (г/ч) устанавливается в том случае, если по объективным причинам нельзя определить ПДВ для источника выброса в данном населенном пункте. Срок действия этого норматива не более 5 лет.

- **Предельно допустимое количество сжигаемого топлива ПДТ**, т/ч. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов по продуктам сгорания топлива в воздухе населенных мест при неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. ПДТ устанавливается расчетным путем на срок не более 5 лет.

Б. Оценка качества водных ресурсов осуществляется с помощью системы основных показателей [10, 12, 14, 50].

- **Предельно допустимая концентрация** загрязняющих веществ в воде водоема ПДК_в, мг/л, при которой не должно оказываться прямого / косвенного вредного воздействия на организм человека в течение всей его жизни и здоровье последующих поколений, не должны ухудшаться гигиенические условия водопользования.

- **Предельно допустимая концентрация** загрязняющих веществ в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, ПДК_{вр}, мг/л. Для подавляющего большинства нормируемых веществ величина этого показателя всегда значительно меньше ПДК_в в связи с тем, что токсические соединения могут накапливаться в организме рыб в весьма значительных количествах без влияния на их жизнедеятельность.

- **Временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия)** загрязняющих веществ в воде водоемов ВДК_в, мг/л. Нормативы, определяемые этим показателем, устанавливаются расчетным путем на срок 3 года.

- **Предельно допустимый сброс ПДС**, г/ч (кг/сут), регламентирующий массу загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоем. Величина ПДС определяется расчетным путем на период, установленный уполномоченными органами. После этого она подлежит пересмотру в сторону уменьшения вплоть до прекращения сброса загрязняющих веществ в водоемы.

В. Оценка качества почвы проводится по нормативам, установленным в соответствии со следующими показателями:

- **Предельно допустимая концентрация** загрязняющего вещества в пахотном слое почвы ПДКп, мг/кг. При такой концентрации не должно оказываться прямого или косвенного отрицательного воздействия на контактирующие с почвой воду, воздух и, следовательно, здоровье человека, самоочищающую способность почвы.

- **Временно допустимая концентрация (ориентировочно допустимая концентрация)** вредного вещества в пахотном слое почвы ВДКп, мг/кг, устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

Г. Оценка шумового загрязнения окружающей среды осуществляется с помощью следующих показателей [37].

- **Предельно допустимый уровень шума ПДУШ**, дБ'А. Шум с таким уровнем при ежедневном систематическом воздействии в течение многих лет не должен вызывать отклонений в состоянии здоровья человека и мешать его нормальной трудовой деятельности.

- **Допустимый уровень шума (допустимый уровень звукового давления) ДУШ**, дБ-А, при котором длительное систематическое вредное воздействие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

- **Допустимый уровень ультразвука ДУУ**, дБ. При таком уровне длительное систематическое воздействие на организм человека не проявляется или проявляется незначительно.

- **Предельно допустимый уровень инфразвука ПДУИ**, дБ. Длительное систематическое воздействие с таким уровнем на организм человека не должно приводить к отклонениям в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, и нарушать нормальную трудовую деятельность.

- **Предельно допустимая шумовая характеристика** машин и механизмов ПДШХ. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов во всех октавных полосах частот. Его значение определяется по результатам статистической обработки шумовых характеристик однотипных машин.

- **Технически достижимая шумовая характеристика** машин и механизмов ТДШХ применяется в тех случаях, когда по объективным причинам невозможно установить ее уровень. При этом ТДШХ вводится на срок, не превышающий срок действия стандарта (ТУ) на машину или агрегат каждого конкретного вида.

Д. Оценка радиоактивного загрязнения окружающей, среды проводится с использованием показателей трех групп: **показатели основного дозового предела и допустимого уровня**, а также **контрольные показатели** [30].

Показатели основного дозового предела:

- **предельно допустимая** доза радиации за год для работающих с источниками радиоактивного излучения ПДД, Дж/кг. При систематическом равномерном воздействии в течение 50 лет не должны возникать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований сейчас и в последующие годы;

- **предел дозы** радиации за год для населения ПД, Дж/кг, который на практике всегда устанавливается значительно меньше величины ПДД для предотвращения необоснованного облучения людей.

Показатели допустимого уровня:

- **предельно допустимое годовое поступление** радиоактивных веществ в организм работающих ПДП, кБк/год, которое в течение 50 лет создает в критическом органе дозу, равную 1 ПДД;

- **предел годового поступления радиоактивных веществ в организм человека** ПГП, кБк/год, за 70 лет создающий в **критическом** органе эквивалентную дозу, равную 1 ПД;

- **допустимое среднегодовое содержание** радиоактивных веществ в организме (критическом органе) ДС, при котором доза облучения равна ППД или ПД, кБк;

- **допустимое загрязнение** поверхности (почвы, одежды, транспорта, помещений и т.д.) ДЗ, частица/(кв.см • мин).

Контрольные показатели устанавливают для планирования мероприятий по защите и для оперативного контроля радиационной обстановки в целях предотвращения превышения дозового предела загрязнений. К этим показателям относятся:

- **контрольное годовое поступление** радиоактивных веществ в организм человека КГП, кБк/год;

- **контрольное содержание** радиоактивных веществ в организме человека КС, кБк;

- **контрольная концентрация** радиоактивного вещества в воздухе или воде, с которыми оно поступает в организм человека КК, кБк/м³;

- **контрольное загрязнение** поверхности радиоактивными веществами КЗ, частица/(кв.см • мин).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ГЛАВЫ 2

1. Когда используются санитарно-гигиенические, экологические, производственно-хозяйственные, временные нормативы качества ОС?

2. Расшифруйте соответствующими определениями приведенные аббревиатуры: ПДКм.р, ПДКр.з., ПДКс.с, ПДВ, ДОК, ОБУВ.

3. Чем вы можете объяснить столь разное число стандартов качества (ПДК) для водной, воздушной, почвенной среды?

4. Среди перечисленных в таблицах 3 - 5 укажите вещества с наименьшими значениями ПДК. С чем вы это можете связать?

Таблица 3

ПДК некоторых загрязнителей в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	ПДК _{мр} *	ПДК _{сс} **	ОБУВ
Азота диоксид	0,085	0,04	
Азота оксид(II)	0,4	0,06	
Азотная кислота	0,4	0,15	
Акролеин	0,03	0,03	
Аммиак	0,2	0,04	
Анилин	0,05	0,03	
Ацетальдегид	0,01	0,01	
Ацетилен			1,5
Ацетон	0,35	0,35	
Барий металлический			0,004
Белок пыли белково- витаминного концентрата (БВК)		0,001	
Бенз(а)пирен		1 нг/м ³	
Бензин нефтяной малосернистый (в пересчете на углерод)	5	1,5	
Бензол	1,5	0,1	
Бериллий и его соединения (в пересчете на бериллий)			0,00001
Борная кислота		0,02	
Бром		0,04	
Бромоводород	01	0,1	
1,3-Бутадиен	3	1	
Бутан	200		
Ванадия (V) оксид		0,002	
Взвешенные вещества (недифференцированная по составу пыль, содержащаяся в воздухе населенных пунктов)***	0,5	0,15	
Винилацетат	0,15	0,15	

*Примечания** Максимальная разовая ПДК, мг/м³** Среднесуточная ПДК, мг/м³.

*** Не распространяется на аэрозоли неорганических и органических соединений (металлы и их соли, полимеры, лекарственные препараты и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК.

Таблица 4

Нормативы содержания некоторых загрязнителей в природных водах

Наименование показателя	Норматив, не более	Показатель вредности	Класс опасности
Водородный показатель, ед. рН	6,0-9,0		
Общая минерализация, мг/дм ³	1000 (1500)		
Жесткость общая (карб.), ммоль/дм ³	7 (1,0)		
Окисляемость перманганатная, мг/дм ³	5,0		
Нефтепродукты, суммарно, мг/дм ³	0,1		
ПАВ, анионоактивные, мг/дм ³	0,5		
Фенольный индекс, мг/дм ³	0,25		
ПДК для неорганических веществ, мг/дм ³			
Алюминий (Al ³⁺)	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba ²⁺)	0,1	—"	2
Бериллий (Be ²⁺)	0,0002	—"	1
Бор (В), суммарно	0,5	—"	2
Железо (Fe), суммарно	0,3 (0,9)	орг.	3(4)
Кадмий (Cd), суммарно	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn), суммарно	0,1	орг.	3
Медь (Cu ²⁺), суммарно	1,0	—"	3
Молибден (Mo), суммарно	0,25	—"	2
Мышьяк (As), суммарно	0,05	—"	2
Никель (Ni), суммарно	0,1	—"	3
Нитраты (NO ₃ ⁻)	45,0	орг.	3
Ртуть (Hg), суммарно	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb), суммарно	0,03	—"	2
Селен (Se), суммарно	0,01	—"	2
Стронций (Sr ²⁺)	7,0	—"	2
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	500	орг.	4
Хлориды (Cl ⁻)	350	орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN ⁻)	0,035	—"	2
Цинк (Zn)	5	орг.	3
ПДК для органических веществ, мг/дм ³			
ДДТ (сумма изомеров)	0,002	—"	2
2,4-Д	0,03	—"	2

Примечание. Обозначения критериев для установления ПДК: орг. – органолептический, с.-т. – санитарно-токсикологический.

Таблица 5

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в почве

Название веществ (сложных смесей постоянного состава)	ПДКп, мг/кг возд.сух.массы	Критерий
Альфаметилстирол	0,5	Миграционный воздушный
Атразин	0,5	Переход в растения
Ацетальдегид	10,0	Миграционный воздушный
Бензол	0,3	"
Бенз(а)пирен	0,02	"
ГХЦГ (линдан)	0,1	Переход в растения
ГХЦГ (гексахлоран)	01	и
ДДТ и его метаболиты	0,1	«_»
2,4-Д-дихлор- феноксиуксусная кислота	0,1	Транслокационный
2,4- Дихлорфенол	0,05	"
Диурон	0,5	"
Изопропилбензол	0,5	Миграция в воздух
Карбофос	2,0	Переход в растения
Кельтан	1,0	и
Линурон	1,0	Переход в растения
Марганец	1500	Общесанитарный
Марганец+ванадий	Г 1000+100	"_»
Медь	3,0 (подвиж. формы)	и
Метатион	1,0	Транслокационный
Мышьяк	2,0	Переход в растения
Никель	4,0	Общесанитарный
Нитраты	130,0	Миграционный водный
Прометрин	0,5	"
Пропанид	1,5	"
Рогор	0,3	Переход в растения
Ртуть	2,1	"
Свинец	20,0	Общесанитарный

3. КОНТРОЛЬ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Воздух представляет собой смесь газов, которые в разной мере участвуют в его формировании (табл. 6).

В воздухе содержатся постоянные газы, которые обнаруживаются в нем вне зависимости от точки наблюдения, и большое число веществ - загрязнителей природного и антропогенного происхождения, качественный и количественный состав которых постоянно меняется. К таким веществам относят пары воды, пыль, химические вещества в газо- и парообразном состоянии и в виде аэрозолей. Аэрозоли могут быть с твердой или жидкой дисперсной фазой, размеры частиц в воздушной среде постоянно изменяются, в процессе диффузии они могут перемещаться в воздухе и оседать на поверхности.

Таблица 6

Состав атмосферного воздуха (по [8])

Компонент	Содержание, % объема
Азот	78,084
Кислород	20,948
Аргон	0,934
Углекислый газ	0,0314
Неон	0,0018
Гелий	0,0005
Метан	0,0002
Криптон	0,000114
Водород	0,00005
Закись азота	0,00005
Ксенон	0,0000087
Двуокись серы	0 - 0,0001
Озон	0- 0,000007 летом, 0-0,000002 зимой
Аммиак	Следы
Окись углерода	Следы

Источники загрязнения атмосферы химическими веществами имеют естественное и искусственное происхождение. Первые представляют собой определенную часть круговоротов веществ и энергии в биосфере Земли, действуют с определенной периодичностью и при разнообразии химического состава загрязнителей в основном не приводят к возникновению критических ситуаций. Природные источники количественно выделяют больше веществ (табл. 7), однако самым опасным следует признать антропогенное загрязнение [1, 5, 8, 37].

Таблица 7

Выделение некоторых газообразных веществ в атмосферу, млн т/сут \ 1]

Вещество	Источники	
	Природные	Антропогенные
Диоксид серы	-	0,4
Сероводород	0,3	0,01
Оксиды азота	2	0,2
Аммиак	3	0,01
Углеводороды	2	0,2
Оксид углерода	10	1
Диоксид углерода	3000	50
Аммиак	3	0,01

Антропогенные источники загрязнения отличаются высокой плотностью размещения, чаще они приурочены к городам, что приводит к неблагоприятному состоянию воздуха в местах проживания людей. Антропогенные источники загрязнения бывают подвижными (транспорт) и стационарными (промышленные предприятия). Кроме того, их классифицируют по организации выброса, по оснащенности, по высоте и температуре выбросов [1, 5, 7, 21]. Каждое промышленное предприятие надо рассматривать как комплексный источник загрязнения атмосферы, так как оно представляет собой блок разнообразных источников загрязнения, каждый из которых выбрасывает многокомпонентную смесь загрязнителей (табл. 8).

Например, машиностроительные предприятия имеют среди основных источников загрязнения атмосферы литейные, гальванические и окрасочные производства. Из литейных цехов в воздух поступают: пыль, фенол, формальдегид, метанол, цианиды, ПАУ (полиароматические углеводороды - например, бенз(а)пирен), оксид углерода и другие примеси; из гальванических производств - цианиды, оксиды и ионы меди, никеля, хрома и др.; из окрасочных цехов - красочный аэрозоль, пары растворителей (толуол, ксилол, хлорбензол, дихлорэтан, спирты, ацетаты и др.), компоненты органических и неорганических наполнителей, пленкообразующих веществ и других компонентов [37].

Так, при выплавке в открытой чугунолитейной вагранке 1 т металла образуется в среднем 900-1200 м³ газа, содержащего 18-22 кг пыли, 170-210 кг оксида углерода, 1,3-1,7 кг оксидов серы, до 2,6 кг углеводородов. При выплавке 1 т цветных металлов и сплавов в дуговых или индукционных печах выделяется около 2,6 кг пыли, до 24-25 кг оксида углерода, 0,15 кг оксидов азота. При ручной дуговой сварке сталей при расходе 1 кг электродов образуется до 40 г пыли, до 2 г фтористого водорода, до 1,5 г оксидов азота и углерода. При окраске готовых изделий расход 1 кг краски в зависимости от метода нанесения сопровождается выделением до 300 г аэрозоля краски и до 500 г паров растворителя. Разумеется, на каждом пред-

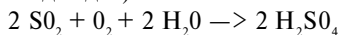
приятии возможны и другие источники вредных веществ, присущие именно этому предприятию и не имеющие массового характера [42].

Таблица 8

Компоненты газовых выбросов различных промышленных предприятий и прочих источников загрязнения атмосферы [42]

Производство	Соединения, выбрасываемые в атмосферу
ТЭС и котельные	Диоксид серы, оксиды азота, пыль (зола, частицы угля), оксид углерода, альдегиды
Черная металлургия	Оксид углерода, пыль, диоксид серы, оксиды азота, аммиак, сероводород, цианиды, хлор, органические и неорганические канцерогены
Машиностроение	Пыль, оксид углерода, оксиды азота, кислоты, хромовый ангидрид, цианистый водород
Нефтепереработка	Углеводороды, оксид углерода, диоксид серы, сероводород, аммиак, фенол, формальдегид, ацетон, толуол, бензол, стирол и др.
Производство кислот	Оксиды азота, серы, пары кислот, хлор
Производство удобрений	Оксиды азота, аммиак, фтористый водород, кислоты, оксид фосфора, пыль удобрений
Искусственные во-локна	Сероводород, сероуглерод

Воздух является окислительной средой, в которой происходят химические и фотохимические превращения загрязняющих его веществ. При этом **исходный загрязнитель**, поступивший в атмосферу, будет называться **первичным**, а соединения, образовавшиеся в результате его превращений - **вторичными загрязнителями**. Примером превращений, протекающих в атмосферном воздухе, может служить образование серной кислоты (формирование «кислотного дождя»):



В условиях высокой влажности вблизи промышленных предприятий — источников загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы происходит его доокисление в пары серной кислоты или ее аэрозоль. Окисление диоксида серы в воздухе возможно и на поверхности твердых частиц, содержащих вещества, действующие как катализатор. Некоторые вещества, содержащиеся в саже, обладают способностью катализировать сухое окисление диоксида серы [17].

Для атмосферного воздуха раньше, чем для других сред, началось экспериментальное обоснование нормативов ПДК. Значения нормативов для некоторых химических загрязнителей атмосферы были приведены ранее (см. табл. 3).

3.2. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ И САМООЧИЩЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Как известно, качественный и количественный состав веществ, загрязняющих атмосферный воздух, зависит не только от источников загрязнения, но и от метеорологических условий, от топографических факторов [30,31,42].

Проанализируем особенности их действия, следуя за положениями руководства [30]. К основным факторам относят выбросы промышленных предприятий, направление и скорость ветра («роза загрязнений», «роза задымления»), температурные инверсии, барометрическое давление, влажность воздуха, рельеф местности, расстояние от источника загрязнения и его высота. Качественный и количественный состав загрязняющих веществ зависит от влажности воздуха, особенно если в нем содержатся гигроскопические и легко гидролизующиеся вещества (например, галогены и их неорганические соединения и др.). **Температурные инверсии** способствуют образованию туманов. Это затрудняет рассеивание и разбавление выбросов производств и выхлопных газов, они как бы «прижимаются» к земле.

Большое влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха оказывают рельеф и связанная с ним циркуляция атмосферы. В продольной части города могут возникать зоны завихрения. В этих случаях возможно встречное основному потоку движение воздуха. Такая циркуляция воздуха может привести к повышению концентрации примеси. Поступление чистого воздуха с городских окраин в центр города приведет к снижению концентрации примесей, так как этим потоком, нагревавшимся в процессе продувания по городской территории к центру города, примеси будут подхвачены и вынесены в верхние слои атмосферы. В случае расположения источников выбросов с наветренной стороны города концентрация в городе может возрасти [30].

При изучении загрязнения окружающей среды выбросами какого-либо промышленного предприятия обычно учитывают лишь те химические вещества, которые на основании технологического процесса могут считаться ведущими (приоритетными) по валовому выбросу в атмосферный воздух или в сточные воды. Определение всех загрязняющих воздух веществ при контроле за отдельными предприятиями не представляется возможным. Приоритетные вещества-загрязнители выделяют по их количеству в выбросах, вредному воздействию на здоровье людей, флору и фауну или с учетом нескольких факторов. Знание состава веществ, загрязняющих воздух, необходимо и для правильного выбора метода анализа, учета мешающего действия. Это повышает надежность результатов анализа [17].

⁴ Температурные инверсии - микроклиматические условия, при которых температура верхних слоев воздуха выше, чем нижних, и в результате подъем воздушных масс от поверхности земли затруднен.

Анализ атмосферного воздуха включает в себя изучение источников загрязнения, исследование химических и фотохимических превращений загрязнителей, выявление наиболее токсичных веществ, изучение распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с воздушными потоками, отбор проб и анализ веществ, загрязняющих воздух.

В связи с тем, что поступление, перенос и трансформация примесей в атмосферном воздухе сопровождаются взаимодействием веществ друг с другом и с объектами окружающей среды, существует возможность **самоочистения воздушной среды**. Самоочистение атмосферного воздуха может происходить в результате сухого и мокрого выпадения примесей и их адсорбции подстилающей поверхностью, поглощения почвенными бактериями и микроорганизмами, а также другими путями. Удаление примесей с осадками (влажное осаждение) может происходить путем вымывания как в облаке, так и под облаком. Внутри облака происходит фильтрация [30].

Снежные хлопья и дождевые капли выносят примеси из облака, а также захватывают загрязняющие вещества под облаком. Процесс мокрого очищения атмосферного воздуха зависит от размеров дождевых капель, снеговых кристаллов или хлопьев, а также плотности и скорости выпадения этих осадков.

Дождь интенсивностью 2 мм/ч в течение 15 минут вымывает из воздуха не менее 25% частиц размером 10 мкм. При одном и том же количестве осадков сильные и кратковременные дожди менее эффективны, чем умеренные и продолжительные. Лучше всего промывает атмосферу мелкий морозящий дождь. Самоочистение атмосферы происходит также при вымораживании вредных веществ. Так, при температуре ниже -10°C происходит вымораживание диоксида серы [30].

Вследствие сухого и мокрого выпадения загрязняющих веществ загрязняются почва и водные объекты. Наиболее сильно стал ощущаться ущерб, наносимый окружающей среде выпадением кислотных осадков. Так, кислотные осадки, выпадая на базальтовый грунт, вымывают из него ионы металлов, которые попадают в водоемы. Кислотность водоемов увеличивается, вследствие чего возрастают концентрации металлов. При таянии снежного покрова примеси загрязняют водоемы [17].

К другому типу самоочистения атмосферного воздуха относится сухое осаждение - удержание загрязняющих веществ (газов к аэрозолей)-подстилающей поверхностью. Скорость осаждения твердых частиц зависит от их диаметра - чем больше диаметр частицы, тем выше скорость осаждения. Для разных подстилающих поверхностей скорость осаждения различна: наибольшая - для воды, наименьшая - для травы в осенний период. В среднем на деревьях и траве оседает до 70% пыли.

Основным механизмом очищения атмосферы от радиоактивных аэрозолей является выпадение осадков.

3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Источники загрязнения атмосферы - это технологическое оборудование (установки, машины, агрегаты), выделяющее вредные вещества, а также технологические операции или процессы (выгрузка, пересыпка материалов, разлив летучих веществ), в ходе которых образуются и выделяются в атмосферу вредные вещества. Существуют следующие разновидности **источников загрязнения атмосферы (ИЗА⁵)** [23]:

- **стационарные** - координаты которых не меняются в процессе образования и выделения вредных веществ, и **подвижные**;

- **с организованным выбросом** - имеющие аспирационную систему, в состав которой входят устройства для отвода вредных веществ (местные отсосы, панели всасывания, вытяжные шкафы), системы транспортирования (вентиляционные воздуховоды, коллекторы) и побудители движения газа (дымососы, вентиляторы, трубы). **ИЗА с неорганизованным выбросом** не имеют аспирационных систем, либо их герметизация невозможна по технологическим соображениям;

- **оснащенные** - со средствами защиты атмосферы, и неоснащенные - выбрасывающие вредные вещества в атмосферу без очистки.

По выбросам ИЗА могут быть: **низкие** - с высоты трубы до 40 м, и **высокие** - более 40 м; **нагретые** - при разности между температурами выбрасываемой газо-воздушной смеси и окружающего атмосферного воздуха более 5°С, и **холодные** - если эта разность менее 5°С.

По составу и характеристикам выбросов классификацию дает ГОСТ 12.2.1.01-76. В зависимости от состава вредных веществ выбросы классифицируются по агрегатному состоянию веществ и их массе, выбрасываемой в единицу времени. В зависимости от агрегатного состояния вредных веществ выбросы подразделяются на 4 класса: I - газообразные и парообразные; II - жидкие; III - твердые; IV - смешанные. По химическому составу выбросы делятся на группы, в зависимости от размера частиц - на подгруппы. Запись условного обозначения выбросов показывает: обозначение класса (номер группы / индекс массового выброса), над цифрой группы II-III класса проставляется цифра подгруппы размера частиц (как показатель степени), обозначение ГОСТ 17.2.1.01-76 (табл. 9).

Примеры условного обозначения состава выбросов:

- а) одного класса: Объект А. Выброс II ($2^1 / 3$) ГОСТ 17.2.1.01-76;
- б) смешанный выброс: Объект Б. Выброс IV -1 ($2,15 / 1,1$) II ($4^2 / 1$), III ($3^2 / 1,2$) ГОСТ 17.2.1.01-76.

После условного обозначения приводится физико-химическая харак-

⁵ Следует иметь в виду, что аббревиатура ИЗА используется также для обозначения **индекса загрязнения атмосферы** – безразмерной величины, вычисляемой с учетом кратности превышения ПДК концентрациями определенного числа присутствующих в воздухе загрязнителей.

теристика составляющих веществ в выбросах (концентрация, температура, влажность, химический состав, высота выброса и т.п.).

Таблица 9

Характеристики, используемые для классификации выбросов по составу согласно ГОСТ 17 2.1.01-76

Класс состава	Список групп класса	Список подгрупп (размер частиц)
I класс - газо-и парообразные выбросы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диоксид серы 2. Оксид углерода 3. Оксиды азота 4. Фтористые соединения 5. Сероуглерод 6. Сероводород 7. Хлор 8. Синильная кислота 9. Ртуть металлическая 10. Аммиак 11. Мыпьяк и его соед. 12. Углеводороды, из них: 13. Предельные 14. Непредельные 15. Ароматические 16. Фенол 17. Кислородсод. орг.соед. 18. Азотсодерж. орг. соед. 19. Прочие 	Для 1 класса подгруппы не выделяются
II класс - жидкие выбросы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кислоты 2. Щелочи 3. Растворы солей 4. Растворы жидк. метал. 5. Органич. соединения 	Размер частиц, мкм: 1. <0,5 (туман сверхтонкий) 2. 0,5 - 3 (тонкодисперсный) 3. 3 - 10 (грубодисперсный) 4. >10 (брызги)
III класс - твердые выбросы	1. Канцерогенные в-ва	Размер частиц, мкм: 1. <1 2. 1 - 10 3. 10-50 4. >50
	2. Свинец и его соед.	
	3. Органич. пыль	
	4. Неорганич. пыль	
	5. Сажа	
	6. Смолистые в-ва	
	7. Прочие	
Массовый выброс, т/сут		Индекс группы
Менее 0,01		1
0,01-0,1		2
0,1-1		3
1-10		4
10 - 100		5
> 100		6

Задание 1. Расшифровать запись условного обозначения выбросов, пользуясь справочной таблицей 9.

Задание 2. По данным о составе и свойствах выбросов записать условные обозначения и дать характеристику источников загрязнения (сведения дает преподаватель).

3.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА ПРИ ОТБОРЕ ПРОБ

Обязательной частью работы при отборе проб воздуха является параллельное определение основных метеорологических параметров - температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, направления и скорости ветра [8, 16, 22, 33, 34, 40]. Общий вид приборов, используемых с этой целью, представлен на приложениях 1 - 4 в конце данного пособия.

ТЕМПЕРАТУРА воздуха определяется с помощью метеорологических спиртовых или ртутных термометров, диапазон шкалы которых приемлем для анализируемых погодных условий (положительные или отрицательные температуры). В зависимости от конкретных целей использования термометры могут иметь различные размеры, пределы измерений, цену деления шкалы.

Для измерения максимальной температуры, достигнутой за определенный период времени, используется специальный максимальный ртутный термометр, для определения минимальной температуры - минимальный спиртовой термометр, цена деления у каждого из них составляет 0,5°С.

ВЛАЖНОСТЬ воздуха оценивают с помощью психрометров и гигрометров.

Гигрометры показывают непосредственно относительную влажность воздуха. Гигрометр конструктивно включает в себя пучок обезжиренных волос, соединенный через блок со стрелкой, которая движется по шкале. Длина волоса увеличивается при повышении влажности воздуха и уменьшается - при ее снижении пропорционально содержанию водяных паров в воздухе.

Психрометр Ассмана, позволяющий рассчитать как абсолютную, так и относительную влажность воздуха, состоит из двух одинаковых (психрометрических) ртутных термометров в общем футляре, цена деления которых составляет 0,2 С. Резервуар одного из них (обычно правого) покрыт хлопчатобумажной тканью (батистом), которая предварительно увлажняется дистиллированной водой. При испарении воды резервуар термометра охлаждается, по разности температур сухого и влажного термометра судят о влажности воздуха, поскольку интенсивность испарения зависит от степени насыщения окружающего воздуха водяными парами. Психрометр

Ассмана имеет для защиты резервуаров термометров двойные металлические экраны, защищающие от теплового излучения, корпус прибора помещен в защитные трубки, к которым примыкает аспирационный вентилятор, обеспечивающий постоянную скорость движения воздуха (2 м/с).

Работа с психрометром Ассмана. При измерении влажности воздуха подвесить прибор на шест так, чтобы резервуары термометров находились на нужной высоте над поверхностью почвы. С помощью винта запустить вентилятор аспиратора, спустя 3 мин провести отсчет показаний. Измерения следует провести дважды (трижды) и вычислить среднее значение.

При работе с прибором необходимо выполнять следующие правила:

- **проводить измерения при температуре не ниже -5°C (для этих температурных условий применяют волосной гигрометр);**
- **во время работы необходимо следить за тем, чтобы ветер дул в направлении от психрометра в сторону наблюдателя;**
- **летом выдерживать прибор вне помещения не менее 15 мин до того, как будут начаты измерения;**
- **не касаться корпуса прибора руками, снимая показания.**

Абсолютная влажность воздуха вычисляется по формуле

$$K = f - 0,5 \cdot (T_c - T_v) \cdot B / 755$$

Относительную влажность воздуха определяют по формуле

$$P = K / F \cdot 100\%$$

где K - абсолютная влажность воздуха, мм рт. ст.; f - максимальная влажность воздуха при температуре влажного термометра (значения даны в табл. 10); T_c - температура сухого термометра, T_v - температура влажного термометра, B - атмосферное давление в момент наблюдения, мм рт. ст.; F - максимальная влажность при температуре сухого термометра (табл.10).

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА (ВЕТРА) определяют анемометрами. Работа динамических анемометров основана на вращении воздухом лопастей, прикрепленных к центральной оси. Для измерения скоростей движения воздуха, превышающих 1 м/с, обычно используют чашечный анемометр, при скорости ветра от 0,3 до 1 м/с более оправдано использование крыльчатого анемометра.

Ручной чашечный анемометр Фусса состоит из горизонтальной крестовины с четырьмя полыми чашками-полушариями, выпуклости которых обращены в одну сторону. Под действием ветра крестовина с чашками приходит в движение, вращение передается стрелкам счетчика оборотов, на передней стенке которого располагаются три шкалы.

Шкалы имеют разные единицы измерений: тысячи, сотни и десятки (единицы) оборотов соответственно.

Таблица 10

Максимальная влажность воздуха при разных температурах

Температура, °С	Макс, влажность, /’мм рт. ст	Температура, °С	Макс, влажность, мм рт. ст
0	4,58	29	30,04
10	9,20	30	31,84
11	9,84	31	33,69
12	10,5	32	35,66
13	11,23	33	37,73
14	11,99	34	39,90
15	12,73	35	42,17
16	13,63	36	44,16
17	14,54	37	46,65
18	15,48	38	49,26
19	16,48	39	52,00
20	17,73	40	55,32
21	18,65	41	58,34
22	19,83	42	61,50
23	21,07	43	64,80
24	22,38	44	68,26
25	23,76	45	71,88
26	25,20	50	92,51
27	26,74	55	118,04
28	28,34	60	149,38

Работа с ручным чашечным анемометром. Прежде чем начать измерения, следует записать исходные показания на циферблате анемометра (прибор не обнуляется): сначала - целое число тысяч и число сотен по маленьким шкалам, затем - число десятков и единиц по большой шкале анемометра. Насадить прибор на шест либо поднять на вытянутой руке, установив анемометр так, чтобы его крыльчатка находилась в струе движущегося воздуха. После того, как крыльчатка приобретет равномерную скорость вращения, отпустить стрелки анемометра и в течение 3 (5-10) мин провести измерение. Затем, выключив прибор, вновь отметить показания. По разности показаний определить число оборотов крыльчатки и рассчитать их количество за одну секунду, что у чашечного анемометра соответствует скорости движения воздуха в 1 м/сек (обычно к прибору прилагается специальное свидетельство - результаты калибровки его скорости заводом-изготовителем).

Для ориентировочной оценки скорости ветра используется широко известная шкала Бофорта, которая предполагает определение скорости ветра по внешним признакам погоды на суше или на море (приложение 5).

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ⁶ в пределах от 8-Ю³ до 106-Ю³ Па определяют с помощью барометра-анероида. Перед отсчетом по корпусу следует слегка постучать, чтобы устранить возможные погрешности от трения в механизме, после чего можно снять показания.

На метеоплощадке, специально оборудованной для регистрации данных метеонаблюдений, горизонтально устанавливаются приборы, снабженные самописцами: барограф, термограф, гигрограф, которые имеют воспринимающую, передающую и записывающую части. Воспринимающая часть включает анероидную коробочку - у барографа, биметаллическую пластину - у термографа, пучок волос - у гигрографа, передающая часть состоит из стрелки с пером, записывающая - из барабана, вращающегося вокруг оси при помощи часового механизма. На барабане фиксируется лента с миллиметровыми делениями. Часовой механизм обеспечивает вращение барабана с постоянной скоростью, при этом на бумаге фиксируется в виде кривой график изменения данного метеопараметра (температуры, давления, влажности) в течение дня (см. приложение 2).

Задание 1. Ознакомившись с приемами определения метеорологических показателей, провести на площадке возле корпуса университета измерение температуры и влажности воздуха, скорости ветра. Результаты измерений внести в рабочую тетрадь.

Задание 2. Рассчитайте, чему равна величина «нормального»⁷ атмосферного давления, равная 760 мм рт. ст., при ее выражении в других единицах изменения?

Задание 3. При определении влажности воздуха психрометром Ассмана показания сухого термометра составили 30 , влажного 27°С. Атмосферное давление на момент проведения наблюдений составляло 755 мм рт.ст. Рассчитайте по полученным результатам значения абсолютной и относительной влажности воздуха.

3.5. ОТБОР ПРОБ ВОЗДУХА

Отбор проб воздуха для анализа проводят с обязательным одновременным определением температуры, атмосферного давления, влажности и скорости движения воздуха. Пробы отбирают на высоте 1,5 м. Возможны два варианта отбора проб: **прямой** (без концентрирования) или **с концентрированием** [16, 29, 34, 41] (см. приложение 6).

Для измерения атмосферного давления применяют несколько единиц измерения: миллиметры ртутного столба, гектопаскалы, атмосферы, миллибары. Соотношения между ними: 1 атм = 98,0665 кПа, 1 мм рт. ст. = 133,322 Па; 1 бар = 100 кПа.

В различных районах Земли приборами было зафиксировано минимальное значение атмосферного давления - 873 мбар (в 1958 г, в центре тайфуна около Филиппинских островов), максимальное - 1083,3 мбар (31. 12.1968, пос. Агата, Красноярский край).

Если нужен **прямой отбор** небольшого количества воздуха, пользуются газовыми пипетками, резиновыми камерами.

При **отборе с концентрированием**, если анализ связан с исследованием больших объемов воздуха, его протягивают с помощью аспиратора через специальные поглотители или фильтры, которые улавливают исследуемый газ или аэрозоль. В зависимости от вида улавливаемого загрязнителя выбирается поглотитель и время аспирации, которое обычно составляет не более 15-20 мин. Так поступают при изучении динамики загрязнения воздуха и для обнаружения максимальных концентраций [16, 21, 33].

Для экспресс-определения концентрации некоторых загрязнителей в воздухе используют индикаторные трубки, заполненные твердым веществом (поглотителем). Поглотитель содержит реагенты, которые изменяют окраску либо образуют цветные комплексы при контакте с данным загрязнителем. Длина окрашенного слоя в столбике поглотителя пропорциональна концентрации исследуемого вещества, измеряемой в мг/л [8].

Для расчета концентрации определяемого загрязнителя в воздухе необходимо определить объем прошедшего через поглотитель (аспирирующее устройство) воздуха, с последующим приведением его к нормальным условиям ($T=273^{\circ}\text{K}$, $P=760$ мм рт.ст.) по формуле:

$$V_0 = \frac{V_1 \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}$$

где t - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; B - атмосферное давление, мм рт.ст.; V_0 - объем воздуха при S и давлении 760 мм рт.ст., V_1 - объем воздуха, отобранный для анализа при данной температуре и атмосферном давлении.

Задание 1. Привести к нормальным условиям объем воздуха, если отбор проб проводился в течение 20 мин. со скоростью аспирации 30 мл/мин при давлении 745 мм рт. ст. и температуре 10°C .

3.6. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ВОЗДУХЕ

3.6.1. ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ

Метод основан на восстановлении йода сернистым ангидридом до йодистого водорода [16].

Ход работы

Залить в поглотитель Полежаева 1 мл поглотительного раствора, состоящего из смеси 0,0001 Н раствора йода с крахмалом.

Через поглотитель протягивать с помощью электроаспиратора (аспиратора, насоса, пылесоса) воздух из испытуемого объема со скоростью

1 Омл/мин до исчезновения окраски поглотительного раствора. Концентрацию диоксида серы определить по таблице 11.

Таблица 11

Зависимость концентраций диоксида серы от объема воздуха, обесцвечивающего поглотительный раствор

Объем воздуха, мл	Концентрация, мг/м ³	Объем воздуха, мл	Концентрация, мг/м ³
10	320	100	32
20	160	ПО	29
30	107	120	27
40	80	130	24
50	64	140	22
60	53	150	20
70	46	200	16
80	40"	250	12
90	35	300	10

Реактивы и оборудование. Поглотитель Полежаева (или другой модели), электроаспиратор, пипетка на 5 мл, 0,0001N раствор йода с крахмалом.

3.6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АММИАКА

При взаимодействии аммиака с реактивом Несслера образуется соединение, окрашенное в желто-бурый цвет. Интенсивность окраски пропорциональна количеству ионов аммония [16].

Ход работы

В поглотительный сосуд внести 5 мл 0,0 Ш раствора серной кислоты, подсоединить к аспирационному устройству и отбирать пробу воздуха в течение 5 мин со скоростью 1 л/мин.

Перенести раствор из поглотительного сосуда в пробирку, добавить 0,5 мл реактива Несслера, взболтать и через 5-10 мин колориметрировать на ФЭК в кюветах с толщиной слоя 10-20 мм при синем светофильтре (контроль - 5 мл 0,0111 серной кислоты 4- 0,5 мл реактива Несслера). Содержание аммиака определить, используя предварительно подготовленный калибровочный график.

Для его построения приготовить рабочий раствор, содержащий 10 мкг/мл аммиака. В пробирки внести от 0,2 до 2 мл рабочего раствора, довести объем до 5 мл раствором серной кислоты и далее поступить как описано выше.

Реактивы и оборудование. Поглотитель Полежаева (или другой модели), электроаспиратор, пипетка на 5 мл, реактив Несслера (в продажу

обычно поступает в готовом виде), 0,01Н серная кислота, стандартный раствор, содержащий 10 мкг/мл аммиака, штатив с пробирками, ФЭК.

3.6.3. ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Метод основан на нейтрализации щелочной реакции раствора карбоната натрия (соды) при поглощении углекислого газа (табл.12) [16].

Таблица 12

Зависимость содержания диоксида углерода в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл раствора карбоната натрия

Объем воздуха, мл	Концентрация, %	Объем воздуха, мл	Концентрация, %	Объем воздуха, мл	Концентрация, %
80	3,20	330	1,16	410	0,84
160	2,08	340	1,12	420	0,80
200	1,82	350	1,08	430	0,76
240	1,56	360	1,04	440	0,70
260	1,44	370	1,00	450	0,66
280	1,36	380	0,96	460	0,60
300	1,28	390	0,92	470	0,56
320	1,20	400	0,88	480	0,52

Ход работы

В шприц объемом 100 мл набрать 20 мл 0,005% раствора карбоната натрия с фенолфталеином (появляется розовая окраска раствора). Засосать 80 мл воздуха, встряхнуть в течение 1 мин. Если не произошло обесцвечивания раствора, выжать осторожно воздух из шприца, оставив в нем раствор, и набрать новую порцию воздуха. Повторить эту операцию 3-4 раза, после чего добавлять воздух небольшими порциями, по 10-20 мл, каждый раз встряхивая шприц в течение 1 мин до обесцвечивания раствора. Подсчитать общий объем воздуха, прошедшего через шприц, и определить концентрацию диоксида углерода в воздухе по данным таблицы 12.

Реактивы и оборудование. Шприц объемом 100 мл, 0,005% раствор карбоната натрия с фенолфталеином.

3.6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛА

При взаимодействии с диазотированным п-нитроанилином в растворе карбоната натрия образуется соединение, окрашенное в красный цвет. Определению мешают крезолы и сероводород [40].

Ход работы

Пробу отобрать с помощью поглотителя, содержащего 6 мл 0,8% рас-

творя со скоростью 3 л/мин в течение 20 мин. Проверить уровень раствора в поглотителе и при необходимости довести до 6 мл дистиллированной водой. Перенести для анализа 5 мл пробы в пробирку, прибавить 0,4 мл раствора диазотированного п-нитроанилина, встряхнуть, через 5-10 мин измерить оптическую плотность раствора на ФЭК в кювете с толщиной слоя 10 мм при длине волны 490 нм относительно воды (сине-зеленый светофильтр). Время от добавления последнего реактива до измерения оптической плотностью должно быть одинаковым. Для контроля 5 мл поглотительного раствора анализировать аналогично пробе. Величина оптической плотности нулевого раствора не должна быть более 0,01.

Построить калибровочный график, используя стандартный раствор, содержащий 10 мкг/мл фенола в поглотительном растворе.

Шкала стандартов для определения фенола

Растворы	Номер стандартного раствора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Рабочий стандартный раствор, мл	0,4	0,8	1,6	2,0	4,0	8,0	16,0	20,0
Поглотительный раствор, мл	До 100 мл в каждую колбу							
Содержание фенола, мкг	0,2	0,4	0,8	1,0	2,0	4,0	8,0	10,0

Реактивы и оборудование. Поглотитель Полежаева (или поглотитель Рыхтера), электроаспиратор, пипетки на 1, 5, 10 мл, колбы мерные на 50 и 100 мл, штатив с пробирками, ФЭК

Исходный стандартный раствор фенола: в мерной колбе на 100 мл навеску свежеперегнанного фенола растворить в 20 мл поглотительного раствора и затем довести до метки тем же раствором, содержание фенола в 1 мл этого раствора должно составить 30-50 мг.

Рабочий стандартный раствор фенола: разбавить поглотительным раствором исходный стандартный раствор до содержания фенола 10 мкг/мл.

Поглотительный раствор: 0,8% раствор карбоната натрия, раствор может храниться 6 месяцев.

4% раствор соляной кислоты: к 89,2 мл дистиллированной воды добавить 9,1 мл соляной кислоты (плотность 1,19).

25% раствор нитрита натрия: 10 г нитрита натрия растворить в 30 мл дистиллированной воды.

0,1% раствор пара-нитроанилина: 0,1г п-нитроанилина растворить в 100 мл 4% соляной кислоте, охладить до 0...5 С

Раствор диазотированного п-нитроанилина: в мерной колбе на 50 мл к 12,5 мл охлажденного раствора п-нитроанилина добавить 2,5 мл раствора

нитрита натрия, через 2 минуты довести объем раствора до 50 мл дистиллированной водой, раствор может храниться в холодильнике не более 3 дней.

3.6.5., ОБНАРУЖЕНИЕ ПАРОВ РТУТИ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРНОЙ БУМАГИ

Для обнаружения паров ртути может быть использован традиционный метод, основанный на применении реактивных бумаг, которые развешивают сухими в различных местах производственных помещений. При наличии паров ртути бумаги изменяют цвет на желтовато-розовый [4].

Ход работы

Подготовленные заранее индикаторные бумаги поместить в точках, где будет проведена оценка присутствия паров ртути. Заметить время начала опыта, контролировать визуально изменение окраски индикаторных бумаг. По времени, за которое произойдет изменение окраски (см. табл. 13), оценить содержание паров ртути.

Приготовление реактивной бумаги. Смешать в равных объемах 10% раствор сульфата меди и 10% раствор иодида калия (по 20 мл каждого раствора). Образующемуся осадку дать осесть, слить с него бурый окрашенный раствор, осадок промыть декантацией 2-3 раза дистиллированной водой, затем по 1 разу - 1% раствором иодида калия, 1% раствором сульфита натрия, снова дважды дистиллированной водой. Затем полностью слить воду с осадка, остаток воды отсосать фильтровальной бумагой. Осадок перенести в небольшой стакан, прилить немного этанола до получения полужидкой пасты. Ватным тампоном (кисточкой, стеклянной палочкой) нанести пасту ровным слоем на одну сторону фильтровальной бумаги. Высушить бумагу при комнатной температуре, хранить в склянке с притертой пробкой. Индикаторная бумага должна иметь кремовый цвет.

Таблица 13

Оценка концентрации паров ртути в воздухе в зависимости от сроков изменения окраски индикаторных бумаг

Начало изменения окраски, мин	Содержание паров ртути, мг/куб.м
15	0,70
20	0,30
30	0,20
50	0,09
90	0,06
180	0,03
360	0,02
24 часа	Около 0,01

Реактивы и оборудование. Индикаторная бумага, часы.

Примечание. Для знакомства с данным методом на практикуме мы используем большую герметично закрытую стеклянную емкость, на дне которой находится капля ртути. Образцы индикаторной бумаги помещаются в нее на нитках разной длины, чтобы определить концентрацию паров ртути в камере на разной высоте. Емкость на время работы следует поместить в вытяжной шкаф, а по окончании работы снова удалить каплю ртути в герметично закрывающуюся склянку, тщательно промыть емкость раствором хлорного железа.

Задание 1. Провести расчет по следующим данным. Определение экспресс - методом содержания диоксида серы в воздухе показало, что при прокачивании воздуха через поглотительный раствор со скоростью 7 мл/мин окраска раствора исчезла через 20 минут. Каким было содержание загрязнителя в воздухе?

Задание 2. Провести расчет по следующим данным. При определении содержания аммиака в воздухе лаборатории обнаружено, что в 100 мл воздуха содержалось 120 мкг аммиака. Всего для анализа было отобрано 500 мл воздуха при 27°C и давлении 750 мм рт.ст. Рассчитать содержание аммиака в воздухе.

3.7. РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ВОЗДУХЕ

Содержание вредного вещества в воздухе рассчитывают по формуле [40]

$$X = \frac{a \cdot V_i}{V \cdot V_0}$$

где a - количество вещества, найденное в анализируемом объеме воздуха, мкг; V_i - общий объем пробы, мл; V - объем пробы, взятой для анализа, мл; V_0 - объем пробы, отобранной для анализа и приведенной к нормальным условиям, л.

Нормальные условия - 20°C (0°C) и 760 мм рт. ст.

Формулы приведения:

$$\text{для } 20^\circ\text{C } V_0 = \frac{V_t (273+20) \cdot B}{(273+t) \cdot 760}, \quad \text{для } 0^\circ\text{C } V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot B}{(273+t) \cdot 760}$$

где B - атмосферное давление, мм рт. ст.; V_t - отобранный объем воздуха, t - температура при отборе пробы.

3.8. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Данные о количестве веществ, выбрасываемых в атмосферу, необходимы при оценке состояния окружающей среды, определении наиболее эффективных мероприятий по снижению загрязнения воздуха. Эти сведе-

ния нужны при определении вклада отдельных предприятий и отраслей промышленности в общий уровень загрязнения, при оценке ущерба от выбросов и разработке методов прогнозирования особо опасных метеорологических условий загрязнения воздуха.

Основные источники загрязнения атмосферы в городах: тепловые электростанции и электроцентралы, предприятия металлургической, нефтеперерабатывающей, химической, строительной, машиностроительной промышленности, котельные. Большой вклад в загрязнение вносит автотранспорт [18].

3.8.1. МЕТОД РАСЧЕТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА В ГЭС И КОТЕЛЬНЫХ

В зависимости от типа используемого топлива выбросы ГЭС могут содержать те или иные компоненты.

При сжигании твердого топлива образуется зола, количество которой можно определить согласно формуле [42].

$$M_z = 10B_{\text{д}}(A + Q_{\text{п}}) a_{\text{зн}}(1 - \eta_{\text{зол}}),$$

где **B** - расход топлива, т/ч; **A** - зольность топлива, **Q_п** - потеря тепла от неполноты сгорания, **a_{зн}** - доля золы, уносимая в газоходы (две последние характеристики определяются по технологическим справочникам), **η_{зол}** - доля золы и частиц недожога, улавливаемая в золоуловителе (в случае отсутствия очистных сооружений равна 0).

При сжигании природного газа зола не образуется, а при сжигании жидкого топлива она выбрасывается в незначительном количестве. Характеристики некоторых видов топлива приводятся в табл. 14:

Количество образующегося **сернистого газа** определяется как:

$$M = 20 \cdot B \cdot S, \text{ где } S - \text{содержание серы в топливе, \%}.$$

Таблица 14

Зольность и содержание серы в некоторых видах топлива

Вид топлива	Зольность, %	Сера, %
Уголь карагандинский	28	0,8
Уголь донецкий	23	1,7
Торф	6	0,1 - 0,2
Мазут малосернистый	0,3	0,5
Мазут высокосернистый	0,3	3,0

Все параметры формул были определены путем замера или в соответствии с нормативным расходом. На основании данных по расходу и характеристикам сжигаемого топлива рассчитываются выбросы пыли, сернистого газа от ТЭС, промышленных и коммунальных котельных.

Задание. По полученным от преподавателя данным рассчитать количество пыли и сернистого газа, выбрасываемых в атмосферный воздух данной установкой.

Примечание. Естественно, что при проведении расчетов следует перейти от целочисленной записи процентов зол и серы к десятичным дробям, иначе полученное количество загрязнителя превзойдет по массе количество израсходованного топлива.

3.8.2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

Состав выхлопных газов автотранспорта зависит от ряда факторов: типа двигателя (карбюраторный, дизельный).режима работы и нагрузки, технического состояния двигателя, качества топлива. В выбросах карбюраторных двигателей основная доля вредных продуктов приходится на окись углерода, углеводороды и окислы азота [42]. Главными компонентами выхлопных газов дизелей являются окислы азота и сажа (табл. 15).

Расчет количества поступающих в атмосферу вредных выбросов автотранспорта может производиться тремя способами: а) по общему количеству сжигаемого топлива; б) по среднему объему транспортной работы; в) по отдельным зонам в зависимости от интенсивности движения транспорта и схемы планировки улично-дорожной сети [42].

Таблица 15

Состав выхлопных газов автомобилей с разными типами двигателей

Компонент	Содержание (объемн.%) в двигателях	
	карбюраторных	дизельных
Азот	74 - 77	76 - 78
Кислород	0,3-0,8	2 - 18
Пары воды	3,0 - 5,5	0,5-4,0
Диоксид углерода	5,0-12,0	1,0-10,0
Оксид углерода	0,5 - 12,0	0,01-0,5
Оксиды азота	0 - 0,08	0,002 - 0,5
Углеводороды (неканцерогенные)	0,2 - 3,0	0,009 - 0,5
Альдегиды	0-0,2	0,001 - 0,09
Сажа	0 - 0,4 г/м ³	0,01- 1 г/м ³
Бенз(а)пирен	До 10-20 мкг/м ⁵	До 10 мкг/м ³

А. Расчет по количеству сжигаемого топлива (отдельно бензина и дизельного) производят с учетом коэффициентов (табл. 16).

Б. По среднему объему транспортной работы:

$$E = 10^6 \cdot q \cdot N \cdot n \cdot t \cdot b$$

где E - суммарный выброс токсичных веществ с выхлопными газами в пе-

рассчете на CO, т/сут; q - удельный выброс токсических веществ в пересчете на CO, производимый одним автомобилем на единицу мощности и времени ($q = 200 \text{ г} \cdot \text{л.е.}/\text{ч}$), N - активная средняя мощность, развиваемая автомобилем в условиях среднего автомобильного движения (для грузового автотранспорта - 19,5 л.с, для легкового - 11 л.с), n - количество автомашин, t - среднее время работы автомобиля за сутки, ч, b - коэффициент технической готовности автомобиля. Значения t и b получают в автотранспортных управлениях.

Таблица 16

Значения коэффициентов, определяющих выброс от автотранспорта (объемн.%)

Вид горючего	Оксид углерода	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	Г 0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	од ~>	0,03	0,04

В. Определение выбросов от автотранспорта по территории города по отдельным зонам

Количество веществ, поступающих в атмосферу от автотранспорта в данной зоне (Q), будет определяться произведением общей протяженности автодорог (L, км) на сумму произведений числа автомобилей каждой категории и соответствующую норму выброса вредного вещества на 1 км пути пробега автомобиля:

$$Q = L \cdot (N_{гр} \cdot Q_{гр} + N_{л} \cdot Q_{л} + N_{а} \cdot Q_{а} + N_{д} \cdot Q_{д})$$

где $N_{гр}$, $N_{л}$, $N_{а}$, $N_{д}$ - количество карбюраторных грузовых, легковых автомобилей и автобусов, работающих на бензине, дизельных автомобилей и автобусов в данной зоне, $Q_{гр}$, $Q_{л}$, $Q_{а}$, $Q_{д}$ - количество вредных веществ, выбрасываемых автомобилями на 1 км пути, л, исходя из данных табл.16 и средних норм расхода топлива на 100 км пробега в городе, для легкового автомобиля - 11-13 л, грузового - 29-33 л, автобуса - 41-44 л, дизельного автобуса (автомобиля) - 31-34 л.

Задание. Провести силами группы специализации учет проходящих автотранспортных средств на выделенной магистрали, заполняя бланк (табл. 17).

Пол своей журнал для записи проходящих транспортных средств

Дата	Срок наблюдения	Время подсчета	Количество проходящих транспортных средств						Всего	Всего за	Примечание
			грузовые		автобусы		Мотоцикл				
			Карбюр. двигатель	Дизельный двигатель	Карбюр. двигатель	Дизельный двигатель					

Наблюдение ведется 20 мин (с каждой стороны магистрали) с пересчетом на 1 ч. На основании полученных данных рассчитать количество вредных веществ, поступивших за час в атмосферу на 1 км дороги.

***Примечание.** Мы приводим данный метод по руководству десятилетней давности, однако с тех пор распознавание дизельных и карбюраторных двигателей стало трудным, моментом: легковой автомобиль в принципе может использовать дизельное топливо, а тяжелый грузовик горючий газ. Поэтому эффективность метода расчета, очевидно, понизилась.*

Задание 1. Рассчитайте, какое количество сернистого газа и золы поступит в атмосферный воздух при сжигании 10 т высокосернистого мазута установкой, не имеющей устройств для улавливания вредных выбросов, при потерях тепла, равных 15%, и выносе в газоходы до 50% образующейся золы.

Задание 2. Рассчитайте, какое количество сернистого газа и золы будет ежесуточно поступать в атмосферный воздух при сжигании в течение одной декады 2 т малосернистого мазута установкой, не имеющей устройств для улавливания вредных выбросов, при потерях тепла, равных 20%, и выносе в газоходы 70% образующейся золы.

Задание 3. При наблюдении за транспортным потоком на отрезке городской автотрассы за 1 час было зафиксировано 115 карбюраторных грузовых, 287 легковых автомобилей и 35 автобусов, работающих на бензине, 70 дизельных автомобилей и 28 дизельных автобусов. Рассчитайте, какое количество вредных выбросов поступает в атмосферный воздух на 1 км отрезке данной автотрассы.

4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВОДОЕМОВ

В нашей стране наблюдения за химическим составом природных вод выполняются в системе гидрометслужбы с 1936 года, а начиная с 1964 года Осуществляется наблюдение за качеством поверхностных вод. Создание службы ОГСНК позволило перейти к этапу систематического контроля за загрязнением вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям [1, 8, 37].

Пункты наблюдения качества водоемов и водотоков подразделяются на 4 категории и включают в себя один или несколько створов - условных поперечных сечений водоема или водотока, в котором проводится комплекс работ для получения данных о качестве воды. При наблюдении качества вод всего водоема устанавливается не менее 3 створов, по возможности равномерно распределенных по его акватории с учетом береговой линии.

На водоемах с интенсивным водообменом (свыше 5 усл.ед.) один створ располагают выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, остальные створы - ниже источника загрязнения на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод, непосредственно за границей зоны загрязнения.

На водоемах с умеренным (от 0,1 до 5,0) и замедленным (до 0,1) водообменом один створ располагают вне зоны влияния источника или группы источников загрязнения, второй створ совмещают с местом сброса сточных вод, остальные створы (не менее 2) располагают параллельно второму по обе его стороны на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности [32, 35].

На водотоках, на которых отсутствует организованный сброс сточных вод, один створ устанавливают в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, на предплотинных участках рек, на замыкающих участках рек, в местах пересечения Государственной границы [17]. Два и более створов устанавливают на водотоках при наличии организованного сброса сточных вод. Один из них располагают на расстоянии 1 км выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, другие - ниже источника загрязнения или последнего по течению из группы источников загрязнения в особо оговоренных местах. При наличии нескольких рукавов водотока створы располагают на тех из них, где расход воды невелик и нарушены нормы качества воды [8].

Программа наблюдений, выполняемых в конкретном пункте, определяется его категорией, створом и в зависимости от них осуществляется по обязательной или сокращенной программе гидрологических и гидрохимических исследований. На централизованных городских, районных и групповых водопроводах систематический контроль за качеством воды осуществляется в местах водозабора, в процесса ее обработки на очистных со-

оружениях, перед поступлением в сеть и в распределительной сети. Оценка качества питьевой воды производится на основании принятого в СССР ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая" [14] (табл. 18).

Таблица 18

Требования к качеству питьевой воды согласно ГОСТ 2874-82

Показатели	Стандарт
Запах и привкус при +20°С	Не более 2 баллов
Цветность по шкале	20 градусов
Мутность по шкале	Не более 1,5 мг/л
Общая жесткость	Не более 7 мг-экв/л
Сухой остаток	1000 мг/л
Хлориды	350 мг/л
Сульфаты	500 мг/л
Железо	0,3 мг/л
Медь	1,0 мг/л
Цинк	5,0 мг/л
Свинец	0,03 мг/л
Мышьяк	0,05 мг/л
Фтор	0,7 - 1,5 мг/л
Нитраты	10 мг/л
Общее число бактерий	не более 100 в 1 мл
Количество кишечных палочек	Не более 3 в 1 л
Активная реакция (рН)	6,0 - 9,0

Употребляемая без обработки вода источников местного водоснабжения (скважин, колодцев) должна отвечать общим требованиям, однако они не всегда могут быть выполнены во всех отношениях.

Для гигиенической оценки воды шахтных колодцев пользуются ориентировочными нормативами: прозрачность - не менее 30 см, цветность по шкале - не более 40, запах и привкус - до 2-3 баллов, общая жесткость - до 14 мг.экв/л, содержание фтора - до 1,5 мг/л, нитратов(по азоту) -до 10 мг/л, нитритов - 0,002 мг/л, аммонийных солей - 0,1 мг/л; окисляемость - до 4 мг/л, общее число бактерий - 300-400 в 1 мл, количество кишечных палочек - не более 10 в 1 л [16].

Различные водные объекты, окружающие нас, могут иметь неодинаковую степень загрязнения (табл. 19). В зависимости от категории водопользования их показатели существенно различаются.

Задание 1. Дайте заключение о пригодности воды в качестве питьевой, если известно следующее: общая жесткость воды составляет 5,5 мг-экв/л, содержание хлоридов равно 370 мг/л, сульфатов - 580 мг/л, железа - 0,5 мг/л, рН 7,8.

Таблица 19

Классификация водных объектов по степени загрязнения

Оценочные показатели загрязнения водных объектов								
Степень загрязнения	Органолептические свойства		Токсикологические свойства	Санитарный режим водоемов		Бактериологические показатели		Индекс загрязнения
	Запах, привкус (в баллах)	ПДК _{орг} , степень превышения	ПДК _{токс} , степень превышения	БПК ₅ , мг/л	Растворенный кислород, мг/л	Число бактерий группы кишечной палочки		
						I и II кв	I кв	
Допустимая	2	1	1	3-6	4	Не более $1 \cdot 10^4$	Не более $1 \cdot 10^4$	0
Умеренная	3	4	3	6-8	3	Более $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	Более $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	1
Высокая	4	8	10	8-10	2	Более $1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	Более $1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	2
Чрезвычайно высокая	>4	>8	100	>8-10	1	Более $1 \cdot 10^6$	Более $1 \cdot 10^6$	3

Примечание. КВ — категория водопользования. К I категории водопользования относятся водные объекты, используемые для хозяйственно-питьевых целей, ко II категории — водные объекты, используемые для культурно-бытовых целей, а также расположенные в черте населенных мест.

Задание 2. Дайте заключение о пригодности воды в качестве питьевой, если известно следующее: общая жесткость воды составляет 7,2 мг-экв/л, содержание хлоридов равно 400 мг/л, сульфатов - 300 мг/л, нитратов - 25 мг/л, железа - 0,2 мг/л, pH 6,5.

4.2. ОТБОР ПРОБ ВОДЫ

Отбор проб воды для химического анализа осуществляется в гидрохимических (гидрологических) створах на стрежне потока с горизонта 0,2 - 0,5 м от поверхности воды эмалированным ведром емкостью 10 л. Водой из ведра наполняют сосуды для определения значения pH, содержания в

воде кислорода, диоксида углерода, а также наполняют бутылки для определения БПК и дальнейшего анализа в лаборатории. Пробы для определения концентрации нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, тяжелых металлов, пестицидов отбирают в отдельные бутылки [1, 8, 16]. Для определения содержания пестицидов отбор проб воды объемом 1 л производят из придонного слоя бутылочным батометром на глубине до 3 м или батометром Молчанова на глубине более 3 м.

В зимнее время при температуре воздуха ниже 0 °С отобранную пробу воды сразу же после измерения температуры переносят в теплое помещение для проведения анализа "первого дня". Объем пробы воды для химического анализа с каждого створа составляет 7-8 л.

Для пересылки проб воды используется полиэтиленовая и стеклянная посуда, причем для транспортировки целесообразно не доливать воду до пробки на 1-2 см.

При контроле качества воды подземного источника пробу берут непосредственно из водозаборного сооружения. При взятии проб воду из открытого крана спускают в течение 5 минут, затем набирают до 1/3 - 1/2 объема посуды, ополаскивают ее внутренние стенки и выливают. После этого сосуд заполняют водой до горлышка, не увеличивая ее ток из крана. Отбор проб должен обеспечить максимальное сохранение солевого и газового состава исследуемой воды и осуществляться в соответствии с НТД (ГОСТ 2874-82 и др.) [14].

4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

ЗАПАХ воды определяют при обычной температуре и при нагревании до 60 °С [16].

Интенсивность запаха оценивают по пятибалльной системе (табл.20).

По характеру запахи делятся на две группы: запахи естественного происхождения (от живущих в воде организмов либо разложения органических остатков, влияния почв и др.) и запахи искусственного происхождения (камфорный, бензиновый, хлорный и др.). Ориентировочно запахи естественного происхождения можно оценить следующим образом:

Характер запаха	Примерный род запаха
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прелой, свежеспаханной земли, глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц

Ход работы

Колбу емкостью 200 мл наполнить на 2/3 объема исследуемой водой. Закрыть колбу часовым стеклом, интенсивно встряхнуть, затем, быстро открыв, определить запах - по характеру и интенсивности (по пятибалльной системе, табл. 20).

Таблица 20

Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

Балл	Интенсивность запаха или привкуса	Характеристика интенсивности
0	Нет	Отсутствие ощущения запаха или привкуса
1	Очень слабая	Запах или привкус, не поддающийся обнаружению, но определяемый в лаборатории опытным аналитиком
2		Запах или привкус, не привлекающий внимания, но обнаруживаемый при внимательном испытании
3	Слабая	Запах или привкус, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде неодобрительно
4	Заметная	Запах или привкус, привлекающий внимание и делающий воду неприятной для питья
5	Отчетливая	Запах или привкус настолько сильный, что делает воду непригодной для питья
	Очень сильная	

ВКУС воды определяют при уверенности, что она безопасна (отсутствуют ядовитые вещества и бактериальное загрязнение).

Полость рта ополоснуть 10 мл исследуемой воды, не проглатывая ее, и определить вкус, который характеризуют как "солонватый", "горький", "кислый", "сладкий". Привкус может быть "металлический", "рыбный", "неопределенный" и т.д. Интенсивность привкуса также следует определить в баллах.

ПРОЗРАЧНОСТЬ воды определяют по печатному шрифту Снеллена. Исследуемую воду взболтать и доверху налить в бесцветный цилиндр, разделенный по высоте на сантиметры и имеющий внизу тубус с зажимом. Под цилиндр на расстоянии 4 см от его дна поместить шрифт Снеллена и попытаться различить буквы через столб воды. Если шрифт не различим, медленно выпускать воду через тубус в чашку Петри до момента ясного видения букв. Высота столба воды (см) указывает на степень ее прозрачности.

ЦВЕТ воды определяют качественно путем сравнения окраски профильтрованной воды (не менее 40 мл) с окраской равного объема дистиллированной воды. Цилиндры с пробами рассматривать над белым листом

бумаги, характеризуя исследуемую воду как "бесцветная", "слабо-желтая", "бурая" и т.д.

Оборудование. Конические колбы на 200 мл, стеклянные цилиндры на 100 мл.

4.3.1. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ

Цветность природных вод обуславливается присутствием гумусовых веществ и комплексных соединений железа. Ее определение проводят путем сравнения интенсивности окраски воды со стандартной хромово-кобальтовой (платиново-кобальтовой) шкалой.

Ход работы

При визуальном определении в цилиндр с прозрачным дном налить 100 мл исследуемой воды и, просматривая сверху на белом фоне, подобрать раствор шкалы с тождественной окраской.

Приготовление шкалы цветности. Растворы 1 и 2 смешать в соотношениях, указанных в таблице, и заполнить полученными растворами ряд цилиндров, аналогичных тому, в котором будет проводиться определение свойств образца.

Объем растворов, мл	Цветность, градусы													
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
2	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84	82	80

Реактивы и оборудование. Стеклянные цилиндры для цветовой шкалы и проб воды, пипетки.

Раствор 1: в порциях дистиллированной воды растворить отдельно 0,0875 г бихромата калия и 2 г сульфата кобальта (семиводного), смешать полученные растворы, прибавить 1 мл серной кислоты (плотность 1,84 г/см³) и довести дистиллированной водой до 1 л. Этот раствор соответствует цветности 500°.

Раствор 2: 1 мл серной кислоты (плотность 1,84 г/см³) довести дистиллированной водой до 1 л.

4.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ

4.4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH

Природная вода имеет обычно слабощелочную реакцию. Кислая реакция воды может наблюдаться в случае загрязнения сточными водами, в которых присутствуют кислоты, либо гуминовыми веществами.

Ход работы

Определение рН выполнить одним из общепринятых способов, например, с помощью универсальной индикаторной бумаги (в полевых условиях) либо с помощью рН-метра либо иономера.

Реактивы и оборудование. Стеклянные цилиндрики, рН-метр либо иономер, откалиброванный для измерения рН, или пробирки, универсальная индикаторная бумага (при полевом определении).

4.4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ

Жесткость воды - это сумма свойств, обусловленных содержанием в воде ионов кальция и магния [48].

Общая жесткость воды формируется в результате растворения в воде карбонатов, бикарбонатов и сульфатов щелочноземельных металлов - Mg, Ca (реже - Sr, Be, Ba). Общая сумма всех растворенных ионов щелочноземельных металлов образует общую жесткость. Она складывается из магниевой и кальциевой жесткости, которые вызываются присутствием в воде одноименных ионов.

Различают также **карбонатную, некарбонатную, устранимую и неустраиваемую жесткость** воды.

Карбонатная жесткость определяется количеством ионов кальция и магния, связанных с карбонат- и бикарбонат-ионами. Обычно ее значение ниже показателя общей жесткости. Поскольку гидрокарбонаты распадаются при нагревании воды, карбонатная жесткость снижается (за что в некоторых источниках называется **временной**). Часть карбонатной жесткости, которая удаляется при кипячении воды, называется **устраиваемой жесткостью**.

Разность между величинами общей и устранимой жесткости называют **неустраиваемой жесткостью**.

В нашей стране в качестве единицы жесткости используется моль (жесткости) на кубический метр воды.

Числовое значение жесткости, выраженное в моль/м³, равно числовому значению жесткости, выраженному в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв./л). 1 мг-экв./л соответствует содержанию в воде 20,04 мг/л ионов кальция (II) или 12, 16 мг/л ионов магния (II).

За рубежом для выражения значений жесткости используют другие единицы измерения - градусы, разные по величине в различных странах мира. Так, 1 немецкий градус жесткости соответствует содержанию в воде

⁸ Если в воде, наряду с карбонатами щелочноземельных металлов, присутствуют карбонаты калия и натрия, карбонатная жесткость может оказаться выше, чем общая жесткость. В таком случае значение карбонатной жесткости принимают равным значению общей жесткости воды.

10 мг оксида кальция в 1 л воды⁹. 1 французский градус жесткости соответствует содержанию 10 мг карбоната кальция в 1 л воды. 1 американский градус жесткости соответствует содержанию 1 мг карбоната кальция в 1 л воды.

Соотношения между разными единицами измерения жесткости: 1 моль/м = 2,804 немецких градусов жесткости,

1 моль/м = 5,005 французских градусов жесткости,

1 моль/м = 50,050 американских градусов жесткости [48].

Природные воды, с жесткостью от 0,1(0,2) до 80 (100) моль/м³, классифицируются следующим образом. Очень мягкая вода имеет жесткость менее 1,5 моль/м³, мягкая - от 1,5 до 3 моль/м³, вода средней жесткости - от 3 до 5,4 моль/м³, жесткая вода - от 5,4 до 10,7 моль/м³, очень жесткая вода - более 10,7 моль/м³.

Среди природных вод наиболее мягкими являются дождевые (жесткость 70-100 ммоль/м), у подземных вод показатели жесткости могут быть от 0,7 до 18-20 моль/м³, в зависимости от состава окружающих их горных пород.

Жесткость поверхностных вод, особенно речных, изменяется по сезонам, в период паводка она наименьшая.

Повышенная жесткость воды создает бытовые проблемы (плохо развариваются мясо, овощи, ухудшается вкус чая, увеличивается расход моющих средств), негативно влияет на здоровье населения (велик риск образования камней в почках), делает воду непригодной для ряда отраслей промышленности, ведет к усиленному осаждению накипи в котлах, стиральных машинах и нагревательных приборах, системах отопления. При этом нарушается теплообмен между разными частями установок, выходят из строя трубы и нагреватели.

Определение жесткости воды комплексонометрическим способом основано на способности этилендиаминотетраацетата натрия (трилона Б) связывать ионы Са и Mg в прочные комплексы, в этот момент добавленный в воду индикатор эриохром черный изменит окраску с красной на синюю с зеленоватым оттенком [16].

Ход работы

В коническую колбу емкостью 250-300 мл, содержащую 100 мл анализируемой воды, добавить 5 мл аммиачного буфера¹⁰ и 6 капель индикатора эриохрома черного. Размешать, титровать 0,1н раствором трилона Б при интенсивном перемешивании жидкости в колбе до перехода окраски

⁹ В практической аквариумистике, например, обычно используют измерение жесткости в градусах по немецкой шкале измерения.

¹⁰ Буферный раствор служит для поддержания значения pH испытуемого раствора выше 9, так как индикаторы изменяют свой цвет не только из-за присутствия ионов кальция или магния, но и при изменении pH

воды в голубовато-зеленую. Каждый миллилитр ОДн раствора трилона Б соответствует жесткости 0,1 мг-экв./л.

Реактивы и оборудование. Колбы для титрования, бюретка, капельница, мерный цилиндр.

ОДн раствор трилона Б (этилендиаминтетраацетат натрия): (готовится из фиксаля либо растворением 18,6125 г соли в 1 л бидистиллированной воды).

Аммиачный буфер: 20 г хлорида аммония растворить в дистиллированной воде, добавить 100 мл 25 % раствора аммиака, довести объем раствора до 1 л.

Эриохром черный Т: 0,5 г растворить в 20 мл буферного раствора и довести до 100 мл этанолом (индикатор хранится не более 10 дней). Вместо него может быть использован индикатор хромовый темно-синий: 0,5 г порошка индикатора развести в 20 мл буферного раствора и довести до объема 100 мл этанолом.

Расчет жесткости анализируемой воды:

$$H \approx (A \cdot K \cdot N \cdot 1000) / V$$

где **H** - жесткость воды, мг-экв./л; **V** - объем пробы воды, мл; **A** - расход ОДн раствора трилона Б на титрование, мл; **K** - коэффициент поправки ОДн раствора трилона Б; **N** - титр трилона Б; 1000 - коэффициент для пересчета на 1 л воды.

Пример расчета. На титрование 100 мл воды пошло 2,4 мл ОДн раствора трилона Б. Коэффициент поправки трилона Б равен 0,9806. Жесткость будет равна: $H = 2,4 \cdot 0,9806 \cdot ОД \cdot 10 = 2,152$ мг-экв./л (моль/м³).

4.4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ МЫЛА

Метод основан на том, что 10 мг оксида кальция в 1 л воды нейтрализуется добавлением ОД г мыла. Им можно воспользоваться в бытовых условиях, в аквариумной практике.

Ход работы

Мелко накрошить или натереть на терке с торца бруска 60-72% хозяйственное мыло. Взвесить 2-3 г мыльных стружек развести в теплой дистиллированной воде. Налить в бюретку или в стакан с делениями полученный мыльный раствор, чтобы отмерять порции раствора, содержащие ОД г мыла. В сосуд, плотно закрывающийся крышкой, влить 1 л исследуемой воды и добавить порцию раствора, содержащую ОД г мыла. Взболтать воду, наблюдая за появлением на поверхности воды мыльных пузырей. Если они не появились, добавить следующую порцию раствора, взболтать сно-

Содержание 10 мг оксида кальция в 1 л воды соответствует 1 немецкому градусу жесткости.

ва, и т.д. Операция будет закончена, когда на поверхности воды появятся устойчивые мыльные пузыри с характерным радужным отливом. Количество порций мыла будет равно числу градусов общей жесткости воды (немецких градусов).¹²

Реактивы и оборудование. Твердое хозяйственное мыло (62-70%), терка или нож, весы, колба или аптечный пузырек, дистиллированная вода, бюретка или мерный стакан, емкость с крышкой объемом 1 л.

4.5. КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ [16, 40]

Присутствие в воде ионов аммония, нитратов и нитритов может рассматриваться как косвенный показатель загрязнения воды веществами животного происхождения. Обнаружение аммонийных солей в количестве более 0,1 мг/л указывает на "свежее" загрязнение воды, поскольку аммонийный ион является начальным продуктом разложения органических соединений. Однако в подземных водах, болотах и торфяниках он имеет химическое либо фитогенное происхождение и не указывает на недоброкачество воды.

Нитрит-ионы, как продукты окисления аммиака микроорганизмами, в количестве больше 0,002 мг/л указывают на "давность" загрязнения.

Нитрат-ионы представляют собой конечный продукт минерализации органических веществ. Их присутствие без аммоний- и нитрит-ионов указывает на завершение процесса минерализации, одновременное обнаружение всех групп ионов свидетельствует о постоянном загрязнении и неблагоприятной ситуации.

Если в воде есть одновременно нитрат- и нитрит-ионы, но отсутствует аммоний, источник загрязнения в данное время уже не действует. Возможно минеральное происхождение этих загрязнителей [16, 40].

4.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АММОНИЙНОГО АЗОТА

Ход работы

В пробирку бесцветного стекла с плоским дном (диаметр пробирки 13-14 мм) внести 10 мл исследуемой воды, 0,2 мл 50% раствора сегнетовой соли и 0,2 мл реактива Несслера. Через 10 минут провести определение по критериям, приведенным ниже (табл. 21).

Реактивы и оборудование. 50% раствор сегнетовой соли (калия-натрия виннокислого), реактив Несслера (обычно в продажу поступает в

При жесткости воды более 12 точность данного метода снижается, в таком случае пробу воды нужно разбавить вдвое дистиллированной водой, а полученный при измерении результат умножить на 2.

готовом виде) , плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, дозатор с наконечниками или пипетки и груша.

Таблица 21

Визуальная оценка содержания аммонийного азота

Окрашивание при рассмотрении		Содержание аммонийного азота, мг/л
сбоку	сверху	
нет	нет	менее 0,04
нет	очень слабое желтоватое	0,08
очень слабое желтоватое	слабое желтоватое	0,20
слабое желтоватое	желтоватое	0,40
светло-желтоватое	желтое	2,66
желтое	интенсивное желто-буроватое	4,00
мутноватое резко желтое	бурое, раствор мутный	8,00
мутное интенсивно бурое	бурое, раствор мутный	20,00

4.5.2. АЗОТ НИТРИТОВ

Ход работы

В плоскодонную пробирку бесцветного стекла (диаметр 13-14 мм) внести 10 мл исследуемой воды, добавить 0,5 мл реактива Грисса, поместить в водяную баню при +60 С и нагревать в течение 10 минут. Приблизительно оценить содержание нитритов по критериям окраски раствора (см. табл. 22).

Таблица 22

Визуальная оценка содержания азота нитритов

Окрашивание при рассмотрении		Содержание азота нитритов, мг/л
сбоку	сверху	
нет	нет	меньше 0,001
едва заметное	очень слабое розовое	0,002
очень слабое розовое	слабое розовое	0,004
слабое розовое	светло-розовое	0,020
светло-розовое	розовое	0,040
розовое	интенсивно розовое	6,070
сильное розовое	красное	0,200
красное	ярко-красное	0,400

Готовый реактив Нesslerа при хранении в стеклянной таре долго остается пригодным для использования, но по поверхности стекла отлагается мутный осадок. Следует осторожно отбирать реактив из склянки, не взбалтывая мути.

Приготовление реактива Грисса. Растворить 0,5 г сульфаниловой кислоты в 150 мл 12% раствора уксусной кислоты. К 0,25 г а-нафтиламина прибавить 20 мл дистиллированной воды, кипятить 5 минут до образования на дне лиловой капли. Раствор декантировать или отфильтровать в колбу, в которую внесено 50 мл 12% раствора уксусной кислоты. Смешать 50 мл раствора сульфаниловой кислоты и 50 мл раствора а-нафтиламина, хранить в склянке темного стекла с притертой пробкой.

Реактивы и оборудование. Реактив Грисса, водяная баня, плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, дозатор с наконечниками или пипетки и груша для работы с ними.

4.5.3. АЗОТ НИТРАТОВ

Метод основан на реакции между нитрат-ионами и фенолдисульфоновой кислотой с образованием нитропроизводных фенола.

Ход работы

В плоско донную пробирку бесцветного стекла (диаметр 13-14 мм) внести 10 мл исследуемой воды, прибавить 1 мл фенолдисульфоновой кислоты так, чтобы капли падали на поверхность воды, затем прибавить 1 мл 25% раствора аммиака. Перемешать, через 20 минут определить приближенное содержание азота нитратов по критериям окраски (табл.23).

Таблица 23
Визуальная оценка содержания азота нитратов

Окрашивание при наблюдении сбоку	Содержание азота нитратов, мг/л
Уловимое только при сравнении с контролем	0,5
Едва заметное желтоватое	1,0
Очень слабое желтоватое	3,0
Слабое желтоватое	5,0
Слабое желтое	10,0
Желтое	25,0
Сильное желтое	100,0

Приготовление фенолдисульфоновой кислоты 25 г чистого кристаллического бесцветного фенола растворить в 150 мл концентрированной серной кислоты и кипятить 6 часов на водяной бане в колбе с обратным холодильником.

Реактивы и оборудование. Раствор фенолдисульфоновой кислоты, 25% раствор аммиака, плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, дозатор с наконечниками или пипетки и груша.

4.6. КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРИДОВ

Содержание хлоридов в воде, согласно ГОСТ 4245-72, не должно превышать 350 мг/л. Более высокая концентрация хлоридов придает воде соленый вкус. Присутствие хлоридов выявляется обычным способом - с помощью раствора нитрата серебра.

Ход работы

В плоскодонную пробирку бесцветного стекла (диаметр 13-14 мм) внести 5 мл исследуемой воды, прибавить 3 капли 10% раствора нитрата серебра, взболтать. По виду появившегося осадка оценить содержание хлоридов в воде (табл. 24):

Таблица 24

Визуальная оценка содержания хлоридов

Характеристика осадка или муты	Хлориды, мг/мл
Опалесценция или слабая муть	1 - 10
Сильная муть	10-50
Образуются хлопья, осаждающиеся не сразу	50-100
Белый объемный осадок	Более 100

Реактивы и оборудование. 10% раствор нитрата серебра в зачерненной капельнице, плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, пипетки.

4.7. КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ

Сульфаты, присутствуя в воде в количестве больше 500 мг/л, придают ей горьковато-соленый вкус, а концентрации 1000-1500 мг/л сульфатов в воде вызывают нарушение процессов пищеварения [16]. Присутствие сульфатов выявляется обычным способом с помощью раствора хлорида бария.

Ход работы

В колориметрические пробирки внести 10 мл исследуемой воды, прибавить 0,5 мл разбавленной (1:5) соляной кислоты. Одновременно приготовить стандартную шкалу, в которой в такие же пробирки внести следующее количество стандартного раствора: 2 - 4 - 8 мл рабочего раствора сульфата калия; 1,6 - 3,2 - 6,4 мл основного раствора сульфата калия, после чего объем жидкости в пробирках шкалы довести до 10 мл дистиллированной водой. В пробирках стандартной шкалы, подготовленной таким образом, содержится соответственно: 10, 20, 40, 80, 160, 320 мг/л сульфатов (в расчете на сульфат-ион).

В пробирки шкалы прибавить по 0,5 мл разбавленной соляной кислоты, затем во все пробирки внести по 2 мл 5% раствора хлорида бария, закрыть пробирками, сравнить исследуемый образец со стандартной шкалой.

Реактивы и оборудование. Разбавленная (1:5) соляная кислота, раствор сульфата калия, 5% раствор хлорида бария, плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, пипетки.

4.8. КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

В воде могут содержаться соединения двух- и трехвалентного железа. Они не оказывают вредного влияния на человека, однако вода с высоким содержанием железа непригодна для хозяйственно-бытовых целей ввиду ее окрашенности, мутности, "чернильного" привкуса. Для воды водопроводов ПДК железа - 0,3 мг/л, для местных источников водоснабжения - 0,5 - 0,6 мг/л.

Ход работы

В плоскодонную пробирку бесцветного стекла (диаметр 13-14 мм) налить 10 мл исследуемой воды, прибавить 2 капли концентрированной соляной кислоты, несколько кристаллов персульфата калия (или аммония), затем прибавить 0,2 мл 50% раствора роданида аммония (калия). Провести оценку содержания железа в воде (табл. 25):

Таблица 25
Визуальная оценка содержания общего железа

Окрашивание при рассмотрении		Содержание железа, мг/л
сбоку	сверху	
нет	нет	< 0,05
едва заметное желтовато - розовое	очень слабое желтовато - розовое	0,10
очень слабое желтовато - розовое	слабое желтовато-розовое	0,25
слабое желтовато-розовое	светло-желтовато-розовое	0,50
светло-желтовато-розовое	желтовато-розовое	1,00
сильно желтовато-розовое	желтовато-красное	2,00
светло-желтовато-красное	ярко-красное	> 2,00

Реактивы и оборудование. Концентрированная соляная кислота в капельнице, кристаллы персульфата калия (аммония), 50% раствор роданида аммония, плоскодонные пробирки бесцветного стекла в штативе, пипетки.

5. КОНТРОЛЬ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОЧВ

5.1. ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

В условиях интенсивного использования в процессе человеческой деятельности почва подвергается интенсивному химическому загрязнению, то есть происходит изменение ее химического состава, ведущее за собой ухудшение ее качества. Считается, что важнейшие источники загрязнения почв следует делить на два класса:

1. Выбросы промышленности, энергетики и автотранспорта.
2. Использование в сельском хозяйстве химических средств защиты растений и удобрений.

Значительный ущерб почвам наносит загрязнение тяжелыми металлами, из которых особую опасность представляют собой ртуть, мышьяк, свинец, кадмий, никель, медь, цинк. Загрязненные ими почвы располагаются вокруг промышленных центров и вдоль автомагистралей. Они поступают в атмосферу из факелов предприятий, оседают на поверхности почвы в виде аэрозолей, пыли или растворенных в атмосферных осадках соединений. В результате работы металлургических предприятий на поверхность почвы ежегодно поступает не менее 150 тыс. т меди, 122 тыс. т цинка, 90 тыс. т свинца, 12 тыс. т никеля, 1500 т молибдена, 800 т кобальта и 31 т ртути [5, 9, 34,37].

В результате сжигания угля и нефти в почву ежегодно поступает не менее 1600 т ртути, 3600 т свинца, 2100 т меди, 7000 т цинка, 3700 т никеля и т.д. Вместе с выхлопными газами автотранспорта на земную поверхность попадает 260 тыс. т свинца в год. Предприятия, перерабатывающие фторсодержащее сырье (суперфосфатные и кирпичные заводы, предприятия по переработке фторидов) и использующие соединения фтора (стеклянные заводы, алюминиевые комбинаты, предприятия черной металлургии), являются источником загрязнения окружающей среды фтором [17]. Расчеты показывают, что каждый квадратный метр почвы за год поглощает из атмосферы 6 кг вредных для почвы веществ - загрязнителей.

Серьезный вклад в загрязнение почв вносит химизация сельского хозяйства (применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений). В сельском хозяйстве меры, предотвращающие возможность загрязнения окружающей среды, зачастую не предусмотрены, и в отличие от отходов промышленности, ядохимикаты и минеральные удобрения практически всегда попадают в биосферу, причем больше всего загрязняются биота и почва. Остатки этих веществ обнаруживаются в открытых и подземных водоемах, тканях растений, животных и организме человека. По данным американских ученых, каждую неделю в организм человека поступает примерно 1 мг пестицидов, причем больше половины - с продуктами животного происхождения. Пестициды вносятся в экосистемы в больших количествах (более 5 млн. т в год), мировой "ассортимент" пести-

цидов насчитывает около 1000 наименований, однако зачастую до организмов-мишеней, для борьбы с которыми предназначены пестициды, доходит менее 0,001% внесенного химиката [6].

При разработке нормативов ПДК для почв исследователи сталкиваются, с большими трудностями. Частично их можно объяснить неоднородностью почвенного покрова, в силу чего способность различных почв переводить в поглощенное состояние поступающие извне загрязнители неодинакова. Возникает также необходимость исследования процессов переноса загрязнителей из почвы в другие среды - воздух, подземные и поверхностные воды, биоту [9].

При контроле химического загрязнения почв необходимо учесть следующие моменты:

1. Систематическое проведение наблюдений за уровнем содержания химических веществ в почвах.

2. Исследование процессов миграции загрязнителей в системах: атмосферный воздух - почва, почва - растение, почва - вода, почва - донные отложения.

4. Изучение миграции загрязнителей по профилю почвы.

5. Желательны наблюдения за уровнем загрязнения почв в пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

5.2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СУЛЬФАТАМИ

Серная кислота, диоксид серы, сероводород, попадая в почву, превращаются в сульфаты. Метод основан на осаждении сульфат-иона хлоридом бария в растворе соляной кислоты с весовым определением сульфата бария. Определению мешают большие количества кальция, железа (Ш), нитрат-ионов. Для разложения карбонатов образцы карбонатных почв нагревают до 900°C [17].

Ход работы

100 г почвы в свежем состоянии поместить в круглодонную колбу емкостью 1000 мл, прилить 500 мл бидистиллированной воды, закрыть резиновой пробкой и взбалтывать 3 мин. Вытяжку отфильтровать через складчатый фильтр "синяя лента" ⁴, под который подложить еще один меньшего диаметра. Перенести 5-50 мл фильтрата в стакан, добавить 10% соляную кислоту до появления розовой окраски (индикатор метиловый красный). Раствор нагреть до кипения и прилить к нему по каплям 10 мл 10% раство-

В зависимости от размера пор, скорости фильтрации и вида примесей, которые лучше отделяются при использовании данной фильтровальной бумаги, принята маркировка пачек цветной лентой или надписью на коробке. Наиболее крупнопористая, быстрофильтрующая фильтровальная бумага обозначается красной, среднепористая - желтой, а тонкопористая, предназначенная для фильтрования мелкокристаллических осадков - синей лентой. Самая плотная фильтровальная бумага маркируется зеленой лентой.

ра хлорида бария, тщательно помешивая раствор палочкой после добавления каждой капли. Избытка соляной кислоты следует избегать. Для определения осадка необходимо взять столько фильтрата, чтобы масса осадка сульфата бария была больше 50, но меньше 200 мг.

Колбу закрыть часовым стеклом и кипятить 10 мин. Затем колбу поставить на кигошфю водяную баню на 2 часа для отстаивания осадка, затем профильтровать через фильтр "синяя лента". Предварительно в воронку с фильтром налить доверху горячей дистиллированной воды, чтобы уменьшить поры фильтра. При появлении осадка сульфата бария в фильтрате повторно отфильтровать его через тот же фильтр. Осадок промыть на фильтре 10 мл холодной бидистиллированной воды, подкисленной 0,5 мл 10% соляной кислоты.

Фильтр с осадком подсушить на воронке, затем поместить в холодную муфельную печь, постепенно поднимая температуру до 750°C. Выдержать при этой температуре пробу 60 мин, довести до постоянной массы и по разности масс тигля с пробой и пустого тигля вычислить массу сульфата бария. Во второй пробе образца почвы определить влажность и пересчитать результат на абсолютно сухую почву. Расчет провести по формуле

$$C = \frac{M \cdot 0,137}{M_1}$$

M,

где M - масса сульфата бария, мг; 0,137 - коэффициент пересчета сульфата бария на серу; M₁ - масса пробы почвы, кг; C - содержание серы, мг/кг.

Реактивы и оборудование. Муфельная печь, колбы на 1000 мл, воронки, мензурка, фильтры «синяя лента», 10% соляная кислота, 10% хлористый барий, раствор фенолфталеина в капельнице.

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ОДНОАТОМНЫМИ ФЕНОЛАМИ

Одноатомные фенолы, присутствующие среди загрязнителей атмосферы, поступают в растения и накапливаются в почвах. Их определение включает отгонку фенолов с водяным паром и колориметрическое определение с диазотированным п-нитроанилином [27].

Ход работы

Навеску воздушно-сухой почвы (10-20 г) поместить в колбу прибора для отгонки с водяным паром¹⁵, прибавить 2 мл 10% раствора сульфата меди и 18 мл серной кислоты (разбавление 1:3). В колбу-приемник внести

Простейшая установка для отгонки с водяным паром включает нагреватель, колбу с водой, нагреваемой до кипения, из которой пар поступает в колбу с почвой, и прямой холодильник, по которому пары от колбы с почвой направляют в колбу-приемник для фенолов с раствором щелочи.

10 мл 0,1N раствора едкого натра и провести отгонку фенолов, поместив конец холодильника в щелочной раствор.

Собрать 100 мл отгона, отобрать 50 мл, провести реакцию на фенолы: прибавить 0,5 мл 10% раствора карбоната натрия, 1мл диазотированного п-нитроанилина, через 10 мин колориметрировать при зеленом светофильтре на ФЭК в кюветах 30 мм, контролем служит вода. Для калибровочного графика используют раствор фенола (стандартный раствор содержит 0,01 г фенола в 100 мл, его десятикратное разбавление дает рабочий раствор, содержащий 10 мкг/мл).

Приготовление диазотированного п-нитроанилина. 1. Приготовить 0,1% раствор п-нитроанилина в 3% соляной кислоте. 2. К 1 мл раствора п-нитроанилина прибавить по каплям 1 мл 0,1% раствора нитрита натрия, через 10 минут прибавить 0,5 мл 5% раствора карбамида и дистиллированную воду до объема 10 мл (все операции выполняются на холоде!).

Реактивы и оборудование. Прибор для отгонки с водяным паром, ФЭК, 10% раствор сульфата меди, 0ДН раствор едкого натра, 10% раствор карбоната натрия, диазотированный п-нитроанилин.

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОРОСТКОВ

Для определения уровня техногенного загрязнения, токсичности различного происхождения, засоления, аллелопатической активности почвы используются биологические пробы на растениях, при этом в качестве объектов - биотестов - используют семена, проростки, целые растения или их органы. А.М. Гродзинский с сотрудниками [43] предложили следующие варианты биотестирования почвы.

Ход работы

А. Биотестирование водной вытяжки. Выделить из образца почвы аллелопатически активные вещества путем настаивания с водой при соотношении почва-вода 1:1 или 2:1 в течение 24 часов при комнатной температуре. После указанного времени отцентрифугировать (0-15 мин, 6-8 тыс. оборотов) или отфильтровать водную вытяжку. Одновременно с подготовкой вытяжки почвы отсортированные семена кресс-салата высеять на бумагу, смоченную дистиллированной водой, прорастить в термостате в течение 18-24 часов при + 25 С. Проросшие семена с длиной корешка 3-5 мм по 20 штук поместить на фильтр в чашку Петри и смочить фильтр 5 мл вытяжки из почвы, контролем служит дистиллированная вода. Поместить чашки Петри в термостат на 24 часа, после чего измерить длину корней проростков и выразить результат в % к показателям контроля. Результат можно выражать в условных расчетных единицах (УРЕ):

$$X = (1 - A/100) \cdot 1000 ,$$

где А - прирост корней кресс-салата, % к контролю, X - аллелопатическая активность экстракта, УРЕ.

Б. Прямое биотестирование почвы. Просеять почву через сито с диаметром отверстий 2 мм. В качестве дренажа на дно чашек Петри, Коха или других подходящих мелких сосудов (например, пластиковые поддоны для цветочных горшков) насыпать 50 г промытого и прокаленного речного песка. Над слоем песка насыпать 80 г испытуемой почвы и увлажнить 25 мл дистиллированной воды. За сутки до постановки биотестов поместить на кювету с влажной фильтровальной бумагой семена пшеницы и прорастить в термостате в течение 24 часов до появления проростков. На образцы опытной почвы высадить по 12-15 штук проросших семян пшеницы и в течение 10-14 дней проводить измерения роста растений. В конце опыта определить высоту растений, сырую и сухую массу надземной и корневой частей.

Реактивы и оборудование. Семена кресс-салата, пшеницы, фильтровальная бумага, чашки Петри, пластиковые поддоны, кюветы для проращивания семян, прокаленный песок, термостат.

Задание 1. При определении загрязнения почв сульфатами получены следующие результаты: отобрано по 100 г почвы на промшющадке предприятия и в экологически чистой зоне. При проведении анализа количество образовавшегося сульфата бария было равно соответственно 150 и 20 мг. Каково содержание серы в данных почвенных образцах?

6. КОНТРОЛЬ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Контроль химического состава растений, в частности, продукции растениеводства, может подразумевать [2]: **определение показателей назначения продукции** (содержание сухих веществ, Сахаров, жира); **определение показателей пищевой ценности продукта** (содержание различных витаминов), **определение показателей безопасности продукции** (присутствие тяжелых металлов, нитратов, остаточных количеств пестицидов). Последняя группа данных наиболее важна для оценки качества окружающей среды в условиях ее антропогенного загрязнения. Для обнаружения этих загрязнителей зачастую требуется современное дорогостоящее оборудование, так как возникает задача определения низких концентраций экотоксикантов. С этой целью широко применяются атомно-адсорбционная спектрофотометрия, газово-жидкостная хроматография и другие методы исследований. В данном пособии мы привели некоторые наиболее простые и доступные методы обнаружения техногенных загрязнителей в образцах растительной массы.

6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В РАСТЕНИЯХ МЕТОДОМ СУХОГО ВОССТАНОВИТЕЛЯ

Согласно данным ВОЗ, допустимая норма нитратов составляет 5 мг нитрата натрия в сутки на 1 кг массы человека, что при массе 60 кг соответствует примерно 220 мг нитрат-ионов [31]. При содержании нитратов в незначительных количествах или в среде, в состав которой не входят окислители, они практически безопасны для взрослого человека. Токсическое влияние повышенных концентраций нитратов связано с возможностью их превращения в нитриты и образования комплексов с гемоглобином крови (метгемоглобинемия). Еще большую опасность представляет превращение нитратов в нитрозамины, поскольку в лабораторных экспериментах у нитрозаминов был обнаружен канцерогенный эффект [22, 45].

Метод основан на восстановлении с помощью металлического цинка и сульфата марганца нитратов до нитритов в кислой среде и последующем их диазотировании. Мешающие реакции ионы железа связываются в комплекс с лимонной кислотой [38].

Ход работы

Приготовление экстракта. К 20 г картофеля (10 г свеклы) прибавить 30 мл горячей соляной кислоты (0,1N) и растереть до кашицеобразного состояния, перенести в мерную колбу на 100 мл, довести до метки тем же раствором соляной кислоты и отфильтровать.

Для бахчевых культур: к навеске массой 10 г добавить 90 мл 20% уксусной кислоты, растереть, энергично встряхнуть смесь, отфильтровать.

Внести в центрифужную пробирку 1 мл экстракта, 9 мл 20% уксусной

кислоты, 0,3-0,5 г реактива - сухого восстановителя. Пробирки закрыть пробкой, энергично взбалтывать 1 мин, затем отцентрифугировать при 4-5 тыс. об/мин в течение 5 минут.¹⁶ Отсосать жидкость шприцем, стараясь не всосать пленку на поверхности и легкоподвижный осадок (при нахождении над осадком блее 10 минут раствор обесцветится!). Контрольная проба содержит 1 мл экстракта, 9 мл 20% уксусной кислоты, к которым следует прибавить 0,3-0,5 г сульфата бария. Колориметрировать надосадочную жидкость на ФЭК при 540 нм, кюветы 10 мм.

Калибровочный график построить, используя стандартный раствор нитрата калия - 0,1806 г соли в 500 мл; 5 мл раствора разбавить 1% уксусной кислотой до 100 мл (в полученном растворе содержится 2,5 мкг/мл азота). В пробирки внести от 0,1 до 1 мл рабочего раствора и провести указанные выше операции.

Приготовление сухого восстановителя. 2 г порошкообразного цинка, 4 г сульфаниловой кислоты, 2 г а-нафтиламина тщательно растереть с частью сульфата бария, добавить 9 г сульфата марганца, после получения однородного порошка по частям добавить остальной сульфат бария (общее количество 100 г). В конце растирания добавить к смеси по частям 75 г лимонной кислоты. Реактив готовится за 2-2,5 час, пригоден к использованию через 2-3 дня и устойчив в течение 2 лет в закупоренной склянке.

Реактивы и оборудование. Центрифуга с пробирками, ФЭК, шприц или пипетка для отбора супернатанта, весы, штатив с пробирками, растворы 0,1N соляной кислоты, 20% уксусной кислоты, готовый порошок сухого восстановителя

6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ С ПОМОЩЬЮ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Пестициды, применяемые в сельском хозяйстве, имеют различную химическую природу. Так, среди них есть хлорорганические (ДДТ, гепта-хлор, гексахлорбензол), фосфорорганические (байтекс, бромофос, карбофос), пестициды группы карбаматов (карбин, севин, ялан), группы триазинов (атразин, симазин), производные мочевины (диурон) и другие биоциды [6]. Предлагаемым методом пользуются для обнаружения в овощах и фруктах остаточных количеств хлорорганических пестицидов [40].

Ход работы

20 г измельченной пробы овощей (фруктов) внести в колбу с притертой пробкой, экстрагировать гексаном тремя порциями по 30 мл. Экстрак-

Во время центрифугирования в пробирке на поверхности жидкости сформируется мутная белая пленка, а на дне отложится белый неплотный, легко взмучиваемый осадок. Раствор, заключенный между ними, в присутствии нитратов приобретает розово-малиновую окраску, но довольно быстро обесцвечивается, контактируя с осадком.

ты объединить, высушить безводным сульфатом натрия, отогнать растворитель до объема 0,2 - 0,3 мл и нанести на пластинку для тонкослойной хроматографии (например, Silufol или его аналог, Сорбфил отечественного производства) на расстоянии 1,5 см от ее края шприцем или пипеткой так, чтобы диаметр пятна не превышал 1 см. Остаток в колбе смыть 3 порциями по 0,2 мл диэтилового эфира и нанести полученный экстракт в центр первого пятна на хроматограмме.

На расстоянии 2 см от первого пятна нанести пятна стандартов - растворов хлорорганических пестицидов в качестве метчиков.

Поместить пластинки в камеру для хроматографии, на дно которой за 30 мин до начала анализа налить один из растворителей: н-гексан, гексан : ацетон (6:1), 1% ацетон в гексане. Край пластинки должен быть не более чем на 0,5 см погружен в растворитель. Хроматографию проводить до подъема растворителя на пластинке на высоту 10 см. Пластинку высунуть, посмотреть при освещении ее УФ-лучами (хлорорганические пестициды дают пятна сине-голубого цвета на пластинках Silufol).

Возможно и количественное определение. Для этого провести сравнительные окраски и площади пятна пробы и метчиков, нанесенные количества которых известны.

Реактивы и оборудование. Образец растительного материала, колба с притертой пробкой, гексан, сульфат натрия в порошке, диэтиловый эфир, хроматографическая камера, УФ-облучатель.

6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ

Накопление серы в пробах растительного материала происходит более активно в условиях техногенного загрязнения воздуха летучими соединениями серы, выпадения кислотных дождей и пр. Одним из методов, используемых для оценки общего количества серы, является магний-нитритный метод, который мы приводим по тексту методических указаний Днепропетровского университета [27].

Ход работы

Навеску 2 г сухого растительного материала поместить в тигель, добавить 7,5 мл раствора азотнокислого магния, перемешать до пропитывания навески. Затем нагреть тигель в муфельной печи при +180°C, чтобы обеспечить разрушение органических соединений серы и ее переход в форму минеральных соединений. Тигель прокалить в муфеле при минимальном режиме нагрева до полного обесцвечивания пробы (она должна стать белого цвета, без примеси серого угольного оттенка).

Охладить тигель, добавить раствор соляной кислоты (разбавление 1:5), профильтровать содержимое тигля с горячей водой в стакан на 250 мл до объема фильтра 3/4 стакана. Добавить в стакан по каплям соляную

кислоту до изменения цвета лакмуса на розовый, упарить фильтрат до 150 мл на песчаной бане, отфильтровать, провести осаждение серы раствором хлористого бария.

Полученный Осадок сернокислого бария отфильтровать через беззольный фильтр, промыть на фильтре горячей дистиллированной водой от хлоридов (периодически проверять фильтрат на наличие хлорид-ионов по реакции с азотнокислым серебром).

Фильтр высушить, поместить в тигель и провести сухое озоление в муфельной печи. После прокаливания тигель взвесить вместе с осадком, определить массу осадка (вычесть массу золы фильтра и массу тигля).

Содержание серы в образце растительной ткани будет равно

$$C = 0,1374 (1000 * M \text{ осадка} / M \text{ навески}), \text{ г/кг,}$$

где 0,1374 - коэффициент пересчета.

Реактивы и оборудование. Муфельная печь, тигли, стеклянные стаканы на 250 мл, воронки, фильтры беззольные, весы аналитические, магний азотнокислый, раствор соляной кислоты (1:5), индикаторы в капельницах: лакмус, азотнокислое серебро, 10% раствор хлорида бария.

6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЫЛИ, ОСАЖДЕННОЙ ЛИСТЬЯМИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Пыль - различные по происхождению, размерам и химическим свойствам частицы, которые поступают в воздух в результате естественных и технологических процессов. Осаждение пыли на листьях растений, с одной стороны, приводит к очищению воздуха, с другой стороны - оказывает негативное физическое, а зачастую и химическое воздействие на растения. Приведенный простой метод оценки пыли, осажденной листьями растений, был разработан нами для древесных растений [21], но может быть использован и для травянистых видов.

Ход работы

Сходные по морфологии, возрасту и положению на кроне листья с деревьев определенного для исследования вида осторожно срезать с побегов (3-5 шт. для крупнолистных, 7-10 - для мелколистных пород), слегка свернуть и поместить в стеклянный стаканчик емкостью 50 мл. В таком виде доставить пробы в лабораторию. Провести смыв пылевых частиц: внести в стаканчики по 30-40 мл 0,1% раствора ОП-10 (широко используемого в технике поверхностно-активного вещества). Для полного удаления пылевых частиц с листьев содержимое стаканчиков осторожно перемешать, не травмируя листьев, извлечь листья, расправить на ровной поверхности и оставить для измерения площади.

Раствор ОП-10, содержащий смывную пыль, профильтровать через

предварительно взвешенный сухой беззольный фильтр (синяя лента), затем высушить фильтр до постоянного веса. Разница масс фильтра после и до фильтрования раствора ОП-10 будет соответствовать количеству нерастворимых пылевых частиц, перешедших с листовой поверхности в раствор детергента.

Профильтрованный раствор вылить в заранее взвешенную выпарительную чашку и нагревать на водяной бане до полного испарения воды. Взвесить чашку повторно. Разница масс чашки после и до выпаривания будет соответствовать количеству растворимой пыли, перешедшей в раствор. С помощью палетки или иным способом определить площадь листовой поверхности, с которой проводился смыв пыли (учесть, что площадь использованных листьев следует удвоить - смыв происходил с обеих сторон листа). Рассчитать осаждение пыли на единице площади листьев данного вида растений.

Реактивы и оборудование. Аналитические весы, электроплитка, стеклянные стаканчики на 50 мл, колбы, стеклянные воронки, выпарительные чашки. Беззольные фильтры (синяя лента). 0,1% раствор ОП-10.

7. РАСЧЕТ ОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Отходами называют непригодные для производства данной продукции виды сырья, его неупотребимые остатки или возникающие в ходе технологических процессов вещества (твердые, жидкие, газообразные) и энергия, не подвергающиеся утилизации в данном производстве, в том числе сельском хозяйстве и строительстве [53]. Отходы одного производства могут быть сырьем для другого. При учете всех видов отходов, в том числе неявно используемого природного вещества (воздух, кислород, воду), количество полезного общественного продукта составляет не более 2% от вовлекаемых природных веществ и энергии, остальные 98% составляют отходы. Населенные пункты являются местом образования огромного количества бытовых (коммунальных) отходов.

Отходы требуют места для хранения, заставляют разрабатывать пути их утилизации, поскольку неиспользуемые отходы превращаются в отбросы. Вредные отходы нуждаются в нейтрализации, иногда единственным выходом становится их захоронение в надежно изолированном виде. Промышленные отходы классифицируют в зависимости от их опасности для окружающей среды (табл. 26, по [53]).

Таблица 26

Гигиеническая классификация не утилизируемых промышленных отходов

Категория	Характеристика не утилизируемых промышленных отходов по виду содержащихся в них загрязнений	Рекомендуемые методы складирования или обезвреживания
I	Практически инертные	Использование для планировочных работ или совместное складирование с ТБО*
II	Биологически окисляемы, легко разлагающиеся органические вещества	Складирование или переработка совместно с ТБО*
III	Слаботоксичные малорастворимые в воде, в том числе при взаимодействии с органическими кислотами	Складирование совместно с ТБО*
IV	Нефтемаслоподобные, не подлежащие регенерации в соответствии с действующими указаниями	Сжигание, в том числе совместно с ТБО*
V	Токсичные со слабым загрязнением воздуха (превышение ПДК в 2-3 раза)	Складирование на специальном полигоне пром. отходов
VI	Токсичные	Групповое или индивидуальное обезвреживание на специальных сооружениях

* ТБО - сокращенное обозначение твердых бытовых отходов.

Гигиенические требования и критерии по определению класса опасно-

сти отходов производства и потребления в зависимости от степени их токсичности установлены в СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

В основу расчета положены:

- вероятностный принцип при оценке возможного влияния промышленных отходов на окружающую среду;
- использование наиболее важных параметров токсикометрии отдельных компонентов промышленных отходов при оценке их возможного вредного влияния;
- оценку класса токсичности промышленных отходов сложного состава по 2-3 соединениям, определяющим уровень его токсичности;
- принцип взаимозаменяемости некоторых параметров.

Класс опасности отхода может быть определен расчетным или (и) экспериментальным методом [26]. Расчетный метод применяется, если известен качественный и количественный состав отхода и в литературных источниках имеются необходимые сведения (**показатели токсикометрии**) для определения степени опасности компонентов отхода. В противном случае определение класса опасности проводится экспериментально. **Отнесение отхода к 4 классу опасности (мало опасные) может быть сделано только на основании результатов экспериментального метода.**

Относительное содержание каждого компонента в общей массе отхода C_i (в %) должно представлять собой верхнюю границу содержания данного компонента в общей массе отхода, т.е. соответствовать термину "не более". Сумма величин C_i для всех компонентов, из которых состоит отход, должна быть близка к 100%, но не менее 95%.

Отнесение отхода к классу опасности расчетным методом осуществляется на основании величины суммарного индекса опасности $K_{\text{сум}}$, рассчитанного по сумме показателей опасности веществ, составляющих отход (K) (табл. 27).

Таблица 27

Классификация опасности отходов по величине суммарного индекса

Суммарный индекс опасности отхода ($K_{\text{сум}}$)	Более 50 000	50000 - 1000	999 - 100	Менее 100
Класс опасности	1 (чрезвычайно опасные)	2 (высоко опасные)	3 (умеренно опасные)	4 (мало опасные)

Алгоритм расчета K_i :

Показатель опасности компонента отхода K_i рассчитывается как отношение концентрации компонента отхода C_i (мг/кг) к коэффициенту степени опасности компонента W_i , где i - порядковый номер данного компо-

нента.

$$K_i = C_i / W_i$$

$$\lg W_i = 1,2 \cdot (X_i - 1)$$

где X_i - усредненный параметр опасности компонента отхода. Показатели для расчета X_i выбирают из перечня таблицы 28, а их значения - из нормативных документов и литературных источников.

Таблица 28

Токсикологические, санитарно-гигиенические и физико-химические показатели компонентов отхода

№	Показатель опасности	Уровни и критерии присвоения баллов				
		1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	
1	ПДК в почве, мг/кг	неорг.	Менее 5	5-50	51-1000	Более 1000
		орг.	Менее 1	1-9,9	10-100	Более 100
2	ПДК (ОДУ) в воде, мг/л	Менее 0,01	0,01-0,1	0,11-1	Более 1	
3	ПДКр.з., мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1	1,1-10	Более 10	
4	ПДКс.с.(ОБУВ), мг/м ³	Менее 0,01	0,01-0,1	0,11-1	Более 1	
5	Класс опасности в почве	1	2	3	4	
6	Класс опасности в воде	1	2	3	4	
7	Класс опасности в рабочей зоне	1	2	3	4	
8	Класс опасности в атмосфере населен. мест	1	2	3	4	
9	DL50 (мг/кг)	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000	
10.	CL50 (мг/м ³)	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000	
11.	Канцерогенность	Доказана (челов.)	Доказана (жив.)	Вероятна	Отсутств.	
12.	Lg (S/ПДКв), где S - растворимость в воде, мг/л	Более 5	5-2	1,9-1	Менее 1	
13.	Lg (С _{нас} / ПДКр.з.), где С _{нас} - насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20 ⁰ С и нормальном давлении *	Более 5	5-2	1,9-1	Менее 1	
14.	ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов	Менее 0,001	0,001-0,01	0,011-0,1	Более 0,1	

В зависимости от величины показателя ему присваивается балл от 1 до

4 (в соответствии с табл. 28). В расчете используются первые двенадцать показателей. При отсутствии в справочной литературе информации по ним используются данные по остальным показателям. При расчете X_i учитывается также показатель информативности (I), который зависит от числа используемых показателей n и имеет следующие значения: при $n = 12$, $I = 4$; при $n = 10$, $I = 3$; при $n = 8$, $I = 2$; при $n < 6$, $I = 1$.

$C_{нас}$ рассчитывают для веществ, имеющих при 760 мм рт. ст. температуру кипения ниже 80°C. Вещества с температурой кипения *выше* 80 С считаются нелетучими. $C_{нас}$ определяется по формуле:

$$C_{нас} = (M \cdot P \cdot 1000) / 18,3, \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

где P - давление насыщенных паров при 20-25°C.

Полученные по каждому показателю баллы, включая показатель информативности, суммируются и делятся на количество взятых в расчет позиций, в итоге найден средний балл для каждого компонента отхода (X_i).

При наличии в составе отходов компонентов с доказанной для человека канцерогенностью, данному компоненту присваивается значение $W_i = 1$, остальные показатели опасности не учитываются, т.е. $K_i = C_i / I = C_i$.

Задание. Рассчитать класс опасности отхода, состоящего из следующих компонентов:

Компонентный состав отхода, %

№	Компонент	1 вариант	2 вариант	3 вариант
1	Цинк	0,002		0,008
2	Медь	0,0006	0,00015	
3	Кадмий	0,0036	0,0041	0,0024
4	Свинец		0,0008	0,0018
5	Натрия сульфат	12	0,85	2,4
6	Нефтепродукты	13,5	10,6	12,4
7	Натрия хлорид			0,6
8	Анилин		0,98	
9	Масляная кислота	0,06		
10	Триэтиламин			0,00034
11	Трихлоруксусная кислота	0,57		
12	Фуран		1,32	
13	Смола А		0,00058	
14	Смола В	0,0007		
15	Смола С			0,0097

Необходимые для расчетов данные приведены в следующей таблице.

Показатель опасности	Порядковый номер компонента														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПДК в почве, мг/кг	не-орг.	23	3		32										
	орг.						1000								
ПДК (ОДУ) в воде, мг/л		5,0	1,0		0,03	2,0	0,3	200			0,2	0,2	0,05	150,0	0,8
ПДК в раб. зоне, мг/м ³		0,5	1,0		0,01	10,0	10,0	5,0	0,1	10,0	10,0	0,5	120,0	56,0	9,0
ПДК с.с. (ОБУВ), мг/м ³		0,02	0,002		0,003	0,1	0,05	0,15			50,0		1,34	25,0	0,28
Класс опасности в почве	1	3	2	1	2	2	4	2	2	2	2	2	3	4	3
Класс опасности в воде	3	3	3	2	4	4	4	2	2	2	2	2	4	4	3
Класс опасности в рабочей зоне	2	3	3	1	4	3	3	3	2	3	4	2	4	4	3
Класс опасности в атмосфере населенных мест	4	2		2	3	2	3	3					4	4	3
DL50 (мг/кг)	47,0	43,0		217,0		28350	12000	550,0	1500,0	545,0	8900,0	20,0	3500,0	5,800,0	64000
CL50 (мг/м ³)								500	0,5		30000	3000	35000	89000	64000
Канцерогенность			доказ.												
S - растворимость в воде, %								3,4	Беск.	1,5	120,0	1,0	5,6	3,4	1,2
Давление насыщенного пара											493,3				
ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов					100,0	0,05	120,0								

8. ПРОБИТ-АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕСМЕРТЕЛЬНЫХ (СРЕДНЕЭФФЕКТИВНЫХ) ДОЗ ИЛИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПО МЕТОДУ ПРОЗОРОВСКОГО

В экспериментальной практике важнейшим показателем являются дозы или концентрации, вызывающие определенный эффект у 50% животных. Чаще всего речь идет о летальном эффекте.

Для вычисления этого показателя (Дь50, CL50) существуют различные методы, среди которых наиболее распространен пробит-анализ в модификации Прозоровского. Метод позволяет расчетным путем определить уравнение зависимости эффекта от концентрации вещества или его дозы [28]. Преимущества данного метода состоят в том, что для расчетов не требуется одинаковых интервалов между апробированными дозами, одинаковое число животных в группах, определение доз, вызывающих нулевой и 100%-ный эффекты.

Пример расчета. Предположим, что в токсикологическом эксперименте получены следующие результаты:

Концентрация вещества, мг/л	Летальность, %
0,05	0
0,20	25
0,25	40
0,30	60
0,50	100

Эти результаты располагаются в следующей таблице:

$\sim Xэ$	Уэ	X	У	В	XВ	X ² В	УВ	XУВ
0,05	0	1	3,04	1,0	1,0	1,0	3,04	3,04
0,20	25	4	4,33	4,1	16,4	65,6	17,75	71,04
0,25	40	5	4,75	4,8	24,0	120,0	22,80	114,0
0,30	60	6	5,25	4,8	28,8	172,8	25,20	151,2
0,50	100	10	6,96	1,0	10,0	100,0	6,96	69,60
Σ				15,7	80,2	459,4	75,75	408,9

Графы Xэ (экспериментальные концентрации) и Уэ (процент летальности) заполняются на основании найденных в эксперименте значений. Далее величины концентраций заменяются условными обозначениями места каждой концентрации - графа X. За 1 принимается минимальная концентрация, исходя из этого рассчитываются места остальных концентраций. По таблице 29 находят значения пробитов (У), соответствующих значениям процента летальности.

Таблица 29

Таблица для перевода процентов эффекта в пробиты

Уэ, %	0.	1	1 2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,44	3,52	3,60	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,62	4,64	4,67	4,70	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,98
50	5,0	5,02	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,30	5,33	5,36	5,38	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,52	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,84	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,28	6,40	6,48	6,56	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Для 0 и 100% летальности величина пробитое зависит от числа животных в группе и определяется по табл. 30.

Таблица 30

Рабочие пробиты для эффектов, равных 0% и 100%

Число животных	Пробиты для 0%	Пробиты для 100%
2	3,85	6,15
3	3,62	6,38
4	3,47	6,53
5	3,36	6,64
6	3,27	6,73
7	3,20	6,80
8	3,13	6,87
9	3,09	6,91
10	3,04	6,96
И	3,00	7,00
12	2,97	7,03
13	2,93	7,07
14	2,90	7,10
15	2,87	7,13
16	2,85	7,15
17	2,82	7,18
18	2,80	7,20
19	2,78	7,22
20	2,76	7,24

Следующим этапом является определение значений весовых коэффициентов пробитое (В), которые находят По табл. 31. Остальные графы таблицы заполняются на основании величин X, У, В.

Таблица 31

Значения весовых коэффициентов пробитов

Пробит	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2
4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
5	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7
6	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
6,96	U									
7,0	1									

В результате получается уравнение $y = A_0 + A_1 \cdot X$

где y – пробиты, X – место концентрации, а две приведенных в уравнении величины вычисляются следующим образом:

$$A_1 = (\Sigma XUV \cdot \Sigma V - \Sigma XV \cdot \Sigma UV) / (\Sigma X^2V \cdot \Sigma V - \Sigma XV \cdot \Sigma XV),$$

$$A_0 = (\Sigma UV - \Sigma XV \cdot A_1) / \Sigma V.$$

Заметим, что в нашем примере A_1 равняется 0,45, а $A_0 = 2,53$. Из полученного уравнения легко подсчитать величину эффективности в пробитах для всех концентраций и наоборот. Как правило, исследователей интересуют концентрации, вызывающие 16% (пробит=4), 50% (пробит=5) и 84% (пробит=6) эффекты. Именно эти концентрации используют для построения графика зависимости между концентрацией и летальностью. В нашем примере получается. $5 = 2,53 + 0,45x$, отсюда $x = 5,5$ и, следовательно, $CL_{50} = 0,275$ мг/л.

Задание. Рассчитать CL_{50} ($ДБ_{50}$) по исходным данным

I вариант		2 вариант	
Доза (концентрация), мг/л	Летальность (%)	Доза (концентрация), мг/л	Летальность (%)
15,6	10	0,64	0
66,7	30	30,75	90
150,4	100	8,84	70
125,8	80	2,56	40

На основании полученных данных определить класс опасности соединений с помощью таблицы 32.

Таблица 32

Классификация химических веществ

Параметры токсикометрии	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
DL_{50} , мг/кг	< 155	15-150	151-5000	> 5000
CL_{50} , мг/м ³	< 500	500-5000	5001-50000	> 50000

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды.- Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 286 с.
2. Беляев М.П. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. — М.: Госсанэпиднадзор, 1993. — 141 с.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Пер. с нем. /Под ред Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 240 с.
4. Быховская М.С., Гинзбург С.Л., Хализова О.Д. Методы определения вредных веществ в воздухе и других средах: Практическое руководство.- Ч.1.-М.: Медгиз,1960- С.206.
5. Вавельский М.М.,Чебан Ю.М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий. Кишинев: Штиинца, 1990- 214 с.
6. Васильев К.П. Бофорта шкала // БСЭ. - Т. 3. - 3-е изд. - М.: Советская энциклопедия, 1970. - С. 606.
7. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана природы/ М.М. Телитченко, С. А. Остроумов. - М.:Наука,1990.-288 с.
8. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды.- Л.: Гидрометеиздат, 1991.- 424 с.
9. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: Руководство.- М.: Медицина, 1986. - 320 с.
10. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
11. ГОСТ 17.1.1.01-77 (СТ СЭВ 3544-82). Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
12. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
13. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.
14. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
15. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Российской Федерации в 1998 году // ЭКОС-ИНФОРМ. Федеральный вестник экологического права -1999. - N 7-8, 9-10.
16. Гурова А.И., Горлова О.Е. Практикум по общей гигиене: Учеб. пособие.- М.: Изд-во УНД, 1991. - 177 с.
17. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: Справочное издание. - М.: Химия, 1989- 368 с.

18. Ежегодник состояния загрязнения воздуха и выбросов вредных веществ в атмосферу городов и промышленных центров Российской Федерации (России). Том: Выбросы вредных веществ, 1991 год. - Санкт-Петербург, 1992. - 373 с.

19 Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 // Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. - 1992. - №10. - С. 457.

20. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.

21. Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В. К оценке пылеулавливающей способности листьев древесно-кустарниковых растений // Вопросы лесной биogeоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. - Куйбышев, 1990. - С.104-107.

22. Колобков Н.В. Как наблюдают погоду. Метеорологическая и гидрологическая служба // Детская энциклопедия. Т.1. М.: Просвещение, 1964. С. 198-208.

23. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистительных установок на предприятиях машиностроения: Практическое руководство/ Н.Г. Булгакова, Л.С. Василевская, Л.Я. Градус и др.-М.: Машиностроение, 1984.-128 с.

24. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. - М.: Химия, 1996. - 320 с.

25. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. - М.: Высшая школа, 1999. - 447 с.

26. Методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов. МР 4286-87. - 1987. - 16 с.

27. Методические указания к выполнению лабораторных работ по спецкурсу «Физиологические основы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды». - Днепропетровск, 1988. - 12 с.

28. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия)/Под ред И.В. Саноцкого. - М.: Медицина, 1970. - 343 с.

29. Мишина Л.А., Юрьев М.Я. Методы химического, физико-механического и метрологического контроля. - Л.: Недра, 1988. - 192с.

30. Мониторинг состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах Самарской области в 1994 году. - Самара, 1995. - 98 с.

31. Обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах на территории деятельности Приволжского УГМС в 1995 году. - Самара, 1996.-105 с.

32. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. - 111 с.

33. Полевые практики по географическим дисциплинам и геологии:

Учеб. пособие / Б.Н. Гурский, В.Н. Нестерович, Е.В. Ефременко и др. - Минск: Университетское, 1989. - 240 с.

34. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, С.Ф. Ходякова и др. - Минск: Ураджай, 1998. - 270 с.

35. Природоохранные нормы и правила проектирования: Справочник / Сост.: Ю.Л. Максименко, В.А. Глухарев. - М.: Стройиздат, 1990. — 527 с.

36. Программа действий. Встреча на высшем уровне "Планета Земля": Повестка для XXI века и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении / Сост. Майкл Китинг. Женева: Центр "За наше общее будущее", 1993. X + 70 с.

37. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. - М.: Финансы и статистика, 1999. - 672 с.

38. Пругар Я., Пругарова А. Избыточный азот в овощах. - М.: Агропромиздат, 1991 - 127 с.

39. Ровинский Ф.Я. Фоновый мониторинг и сохранение биосферы // Журнал Всесоюзного Химического общества им. Д.И. Менделеева. - Т. XXXV. - 1990. - N 1. - С. 118-125.

40. Руководство к практическим занятиям по методам санитарно-гигиенических исследований: Учеб. пособие/ З.Ф. Азевич, А.И. Громов, А.А. Галич и др.; Под ред. Подуновой Л.Г.- М.: Медицина, 1990.-304 с.

41. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Справ. изд. / С.И. Муравьев, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова и др. - М.: Химия, 1991. -368 с.

42. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Под ред. М.Е. Берлянда, Г.И. Сидоренко. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 442 с.

43. Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв. - Киев, 1988. - 18 с.

44. Русаков Н.В., Тонкопий Н.И., Перельгин В.М. К вопросу о методологии экспертной оценки промышленных отходов // Гигиена окружающей среды. - М.: Медицина, 1990. - С.169-173.

45. Справочник по контролю за применением средств химизации в сельском хозяйстве / В.П. Васильев, П.А. Дмитренко, В. Н. Кавецкий и др. Под ред. В.П. Васильева. -Киев: Урожай, 1989. - 160 с.

46. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф., Смоляков Б.С, Неделькина С.В. Общая биогеосистемная экология. - Новосибирск: Наука, 1993. - С.16-31, 91-125.

47. Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В. Биосфера. Экология. Охрана природы: Справ, пособие. - Киев: Наукова думка, 1987. - 554 с.

48. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А., Сметанников Ю.В., Малков А.В., Додонова А.А. - Задачи и вопросы по химии окружающей среды. - М.: Мир, 2002. - 368 с.

49. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Центр международных проектов ГКНТ. - М., 1986. - 426 с.

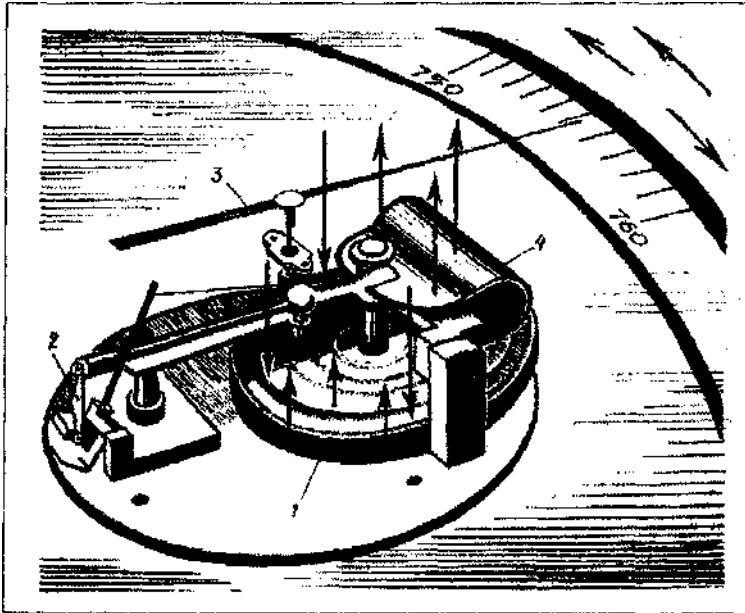
50. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: Санитарные правила (СанПиН 2.1.4.544-96). - М: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996.-26 с.

51. Хоружая ТА Методы оценки экологической опасности. - М.: Экспертное бюро-М, 1998. - 224 с.

52. Экологическая химия. Основы и концепции. - М: Мир, 1997. - 396 с.

53. Экологический словарь. - М.: Конкорд-ЛТД Экопром, 1993. - 208 с.

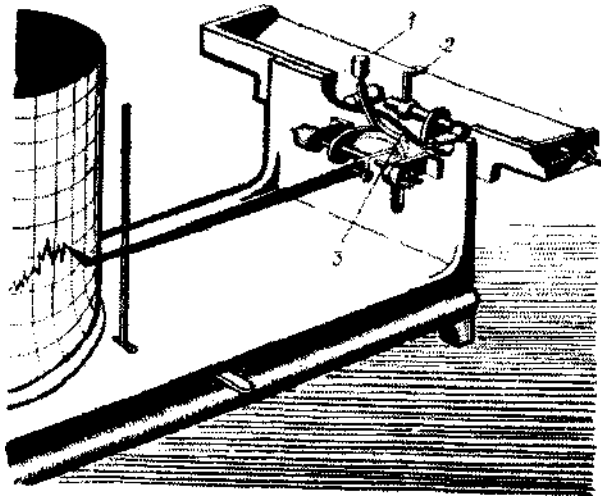
Здесь и далее использованы рисунки, представленные в [22]



Барометр - анероид, измеряющий давление воздуха:

- 1 - металлическая коробка, из которой откачан воздух,
- 2 - система рычагов,
- 3 - стрелка,
- 4 - пружина, предохраняющая коробку от сплющивания внешним атмосферным давлением.

При возрастании атмосферного давления происходят следующие изменения: коробка сплющивается, тянет пружину, движение пружины передается по системе рычажков на стрелку прибора, перемещающуюся по шкале прибора.



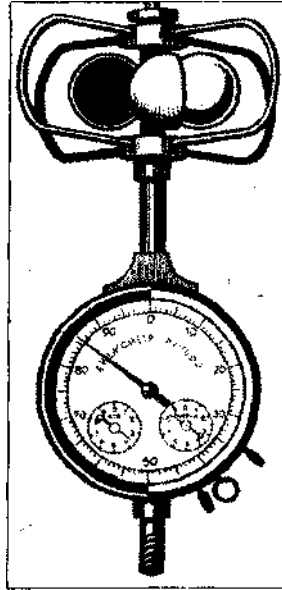
Гигрограф - самопишущий прибор для измерения влажности воздуха:

- 1 - волос (чувствительная часть прибора),
- 2 - рычаг,
- 3 - балансир.

Изменение влажности воздуха приводит к удлинению (укорочению) волоса, при этом в действие приходит рычаг, смещая балансир.

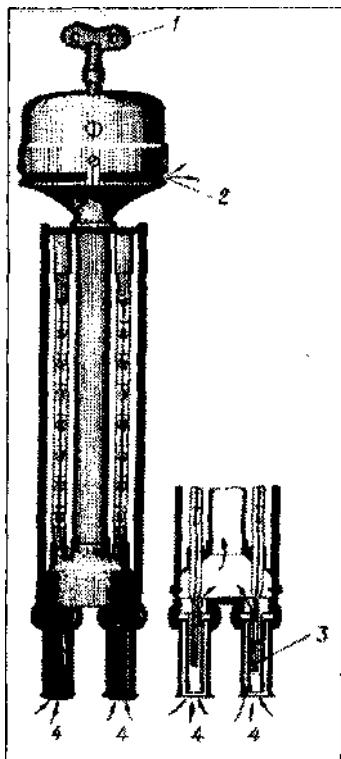
В левой части рисунка изображен барабан с листом диаграммной бумаги. На верхнем торце барабана находится заводной ключ. Перо на конце идущей от балансира стрелки, касаясь медленно вращающегося барабана, вычерчивает на листе бумаги линию, отражающую показания прибора в течение суток.

(Сходным образом устроенные барограф и термограф, отличаясь чувствительным узлом, содержат такие же самопишущие устройства).



Анемометр вращения - прибор для измерения скорости ветра.

Крыльчатка с полушариями в верхней части прибора приводится в движение потоками воздуха. Считывают начальные показания прибора, затем в течение строго определенного времени проводят измерение и записывают новые показания прибора. Число оборотов анемометра за секунду соответствует скорости ветра, м/с.



Психрометр Ассмана - прибор, предназначенный для измерения температуры и влажности воздуха:

1 - заводной ключ аспиранта, 2 - аспирант, 3 - термометр, обернутый влажной тканью, 4 - направление движения засасываемого воздуха.

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта
(на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью) [6]

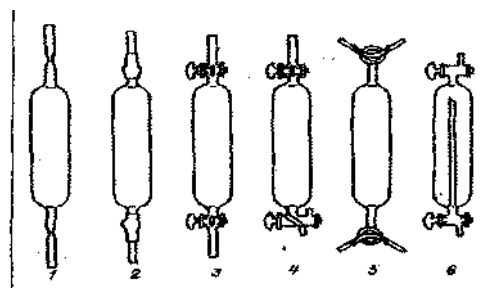
Баллы	Название	Скорость м/с	Действие ветра		
			на суше	на море	
1	2	3	4	5	6
0	Штиль	0-0,2	Штиль. Дым поднимается вертикально	Зеркально гладкое море	
1	Тихий	0,3-1,5	Направление ветра заметно по отнесу дыма, но не по флюгеру	Рябь, пены на гребнях нет	
2	Легкий	-	Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, приводится в движение флюгер	Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными	
3	Слабый	3,4-5,4	Листья и тонкие ветви деревьев всё время колеблются, ветер развеивает верхние флаги	Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену, изредка образуются барашки	
4	Умеренный	5,5-7,9	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев	Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах	
5	Свежий	8,0-10,7	Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями	Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)	
6	Сильный	10,8-13,8	Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода	Начинают образовываться крупные волны. Белые пенные гребни занимают значительные площади (вероятны брызги)	

Продолжение приложения 5

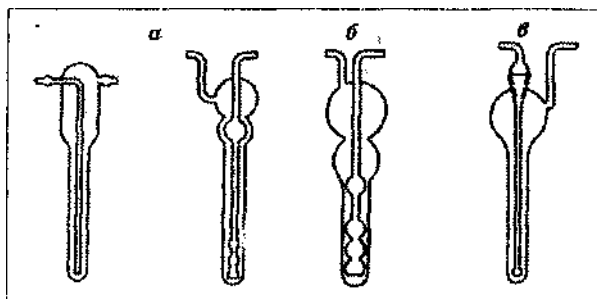
1	2	3	4	Г	5
7	Крепкий	13,9-17,1	Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно		Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру
8	Очень крепкий	17,2-20,7	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно		Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра
9	Шторм	20,8-24,4	Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу		Высокие волны. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться в брызги, ухудшающие видимость
10	Сильный шторм	24,5-28,4	Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко		Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена высувается большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая.
11	Жестокий шторм	28,5-32,6	Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко		Исключительно высокие волны. Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море всё покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая
12	Ураган	≥32,7	-		Воздух наполнен пеной и брызгами. Море всё покрыто полосами пены. Очень плохая видимость

Примечание. Шкала Бофорта – условная шкала для визуальной оценки силы (скорости) ветра в баллах, разработанная на основе действия ветра на наземные предметы (волнение на море). Составлена в 1806 г. английским адмиралом Ф. Бофортом, с 1874 г. принята для использования в международной практике синоптических наблюдений. Приведенная в таблице версия шкалы Бофорта была принята в 1963 г. Всемирной метеорологической организацией [6].

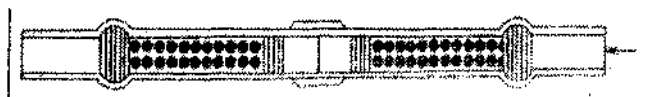
Устройства, ирпользуемые для отбора проб воздуха:



А. Газовые пипетки: 1 - запаиваемая после отбора пробы, 2 - закрываемая заглушками, 3 - е двухходовыми кранами, 4 - е косыми ходами в кранах, 5 - е серповидными кранами, 6 - для отбора проб под постоянным давлением (по [29]).



Б. Поглотители: а - Зайцева, б - Рыхтера, в - Полежаева (по [29]).



В. Сорбционная трубка с активным углем (для отбора из воздуха паров ацетона) (из [41]).

Рекомендуемые интернет-сайты, посвященные темам мониторинга и охраны окружающей среды

<http://www.ecolife.ru/mdex.shtml> Журнал "Экология и жизнь"

<http://biodiversity.ru> Центр охраны дикой природы. • Программы по охране природы (марш парков, лесная программа и др.) • электронные и печатные публикации, журналы • ссылки на всемирные и европейские экологические организации.

<http://www.ecoprojects.ru> Экологические проекты в России. . • Информационная система по проектам, финансируемым неправительственными организациями в области экологии, охраны окружающей среды и сохранения биоразнообразия на территории РФ.

<http://ecoportal.ru> Всероссийский экологический портал. • Новый интересный качественно сделанный проект, который охватывает различные вопросы экологии • Актуальная постоянно обновляемая информация

<http://www.ecoline.ru> Организация "Эколайн". • Масса информации по всем актуальным разделам экологии - книги, статьи, учебники, методические материалы • Экологический менеджмент • Экологическое право • Глобальные и локальные экологические проблемы и попытки их решения

<http://www.sci.alia.ru/ATL/raOO.htm> Web-Атлас; "Окружающая среда и здоровье населения России".

Рекомендуемые руководства для студентов и школьников по мониторингу окружающей среды:

Рыжов И.Н., Ягодин Г. А. Школьный экологический мониторинг городской среды: Учеб. пособие по экологическому образованию школьников. М.: Галактика, 2000. - 192 с.

Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ.высш.учеб.заведений. - М.: Туманит, изд. центр ВЛАДОС, 2001. - 288 с.

Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я.Ашихминой. - М.: Агар, 2000. - 386 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	4
1.1. Экологический Мониторинг - основные понятия	4
1.2. Глобальный экологический мониторинг	5
1.3. Национальный мониторинг: Общая структура системы наблюде- ния за состоянием окружающей среды в России	8
1.4. Региональный мониторинг: Информация о работе Приволжского территориального центра по мониторингу загрязнения окружающей среды	12
1.5. Локальный мониторинг: контроль за качеством воздуха современ- ного города	14
Вопросы и задания по материалам главы 1	18
2. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	19
2.1. Проблемы нормирования качества окружающей природной среды	19
2.2. Виды норм и нормативов качества окружающей природной среды	24
2.3. Нормативы в оценке качества воздушной среды, водных ресурсов, почвы, шума и радиоактивного загрязнения	26
Вопросы и задания по материалам главы 2	29
3 КОНТРОЛЬ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ...	33
3.1. Общие сведения об источниках техногенного загрязнения атмо- сферного воздуха	33
3.2. Влияние различных факторов окружающей среды на загрязнение и самоочищение атмосферного воздуха	36
3.3. Классификация источников техногенного загрязнения атмосфер- ного воздуха	38
3.4. Исследование физических свойств воздуха при отборе проб	40
3.5. Отбор проб воздуха	43
3.6. Методы определения загрязнителей в воздухе	44
3.6.1. Экспресс-метод определения содержания диоксида серы	44
3.6.2. Определение содержания аммиака	45
3.6.3. Экспресс-метод оценки содержания диоксида углерода	46
3.6.4. Определение содержания фенола	46
3.6.5. Обнаружение паров ртути с помощью индикаторной бумаги	48
3.7. Расчет содержания загрязнителей в воздухе	49
3.8. Методы расчета для промышленных выбросов	49
3.8.1. Метод расчета промышленных выбросов при сжигании топлива в ТЭС и котельных	50
3.8.2. Методы расчета выбросов от автотранспорта	51

4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	54
4.1. Организация наблюдений за состоянием водоемов	54
4.2. Отбор проб воды	56
4.3. Определение органолептических свойств воды	57
4.3.1. Количественное определение цветности воды	59
4.4. Исследование химического состава воды	59
4.4.1. Определение рН	59
4.4.2. Определение жесткости	60
4.4.3. Определение жесткости воды с помощью мыла	62
4.5. Качественное определение азотсодержащих веществ в воде	63
4.5.1. Определение аммонийного азота	63
4.5.2. Азот нитритов	64
4.5.3. Азот нитратов	65
4.6. Качественное определение хлоридов	66
4.7. Качественное определение сульфатов	66
4.8. Качественное определение железа	67
5. КОНТРОЛЬ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОЧВ	68
5.1. Контроль и источники химического загрязнения почв	68
5.2. Оценка загрязнения почв сульфатами	69
5.3. Определение загрязнения почв одноатомными фенолами	70
5.4. Определение состояния почв методом биотестирования с помощью проростков	71
6. КОНТРОЛЬ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ	73
6.1. Определение содержания нитратов в растениях методом сухого восстановителя	73
6.2. Определение остаточных количеств пестицидов с помощью тонкослойной хроматографии	74
6.3. Определение содержания серы в растительном материале	75
6.4. Определение количества пыли, осажденной листьями древесных растений	76
7. РАСЧЕТ ОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	78
8. ПРОБИТ-АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕСМЕРТЕЛЬНЫХ (СРЕДНЕЭФФЕКТИВНЫХ) ДОЗ ИЛИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПО МЕТОДУ ПРОЗОРОВСКОГО	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	86
ПРИЛОЖЕНИЯ	90

Кавеленова Людмила Михайловна,
Кведер Лариса Владимировна

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Учебное пособие

Редактор Н.А. Волынкина
Компьютерная верстка, макет Л.М. Кавеленовой

Подписано в печать 06.03.2006. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Печать оперативная.

Усл.-печ. л. 5,8; уч.-изд. л. 5,25. Тираж 150 экз.

Заказ № 42 7

Издательство «Самарский университет»
443011, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1.

Отпечатано ООО «Универс-групп»