

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геоэкологии

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 13.03.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 504.06 (073)

ЭКОЛОГИЯ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Т.А. Лытаева, А.С. Данилов*. СПб, 2020. 37 с.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Экология» направлены на формирование у студентов навыков применения знаний, полученных на лекциях, а также самостоятельного решения практических задач на производстве. В данных методических указаниях представлен комплекс лабораторных работ по определению техногенной нагрузки на компоненты окружающей среды.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электропривод и автоматика».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент канд. техн. наук *Д.О. Акименко* (ООО «ТрансАналит»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 13.03.02*

Сост.: *Т.А. Лытаева, А.С. Данилов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *Т.А. Лытаева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 29.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,1. Усл.кр.-отт. 2,1. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 50 экз. Заказ 432.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Экология» является приобретение студентами знаний о контроле за состоянием компонентов окружающей среды, позволяющем производить оценку и прогноз состояния природной среды на локальном и региональном уровнях.

Целью лабораторных работ является приобретение навыков оценки возможных негативных последствий компонентов окружающей среды от антропогенных источников загрязнения.

Результат выполнения каждой лабораторной работы оформляется в виде отчета, который подлежит защите руководителю практических занятий в индивидуальном порядке.

Лабораторная работа № 1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в условиях городской среды

Цель работы: оценка величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными потоками на городских магистралях.

В качестве исходных данных для расчета выбросов автотранспорта в атмосферу используются результаты натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным категориям автотранспортных средств.

Приведенные в данной лабораторной работе усредненные удельные значения показателей выбросов отражают основные закономерности их изменения при реальном характере автотранспортного движения в городских условиях, определяемых целесообразным выбором передаточного отношения от двигателя к трансмиссии. При этом учитывается, что в городе автомобиль совершает непрерывно разгоны и торможения, перемещаясь с некоторой средней скоростью на конкретном участке автомагистрали, определяемой дорожными условиями.

Расчеты выбросов выполняются для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота NO_x (в пересчете на диоксид азота);
- углеводороды (CH)*;
- сажа;
- диоксид серы (SO_2);
- соединения свинца**;
- формальдегид;
- бенз(а)пирен.

* - для автомобилей с бензиновыми двигателями при проведении расчетов загрязнения атмосферы используется ПДКм.р. по бензину; для автомобилей с дизельным двигателем - по керосину.

** - расчет выбросов соединений свинца для автомобилей, движущихся по городским автомагистралям, производится в том

случае , если в данном городе используется этилированный бензин . Рассчитанные значения выбросов соединений свинца целесообразно уточнить с учетом доли этилированного бензина в общем потреблении бензинов всех марок в данном городе .

Выброс i - го вредного вещества автотранспортным потоком определяется для конкретной автомагистрали, на всей протяженности которой, структура и интенсивность автотранспортных потоков изменяется не более , чем на 20 - 25 % . При изменении автотранспортных характеристик на большую величину, автомагистраль разбивается на участки, которые в дальнейшем рассматриваются как отдельные источники .

Такая магистраль (или ее участок) может иметь несколько нерегулируемых перекрестков или регулируемых при интенсивности движения менее 400 - 500 а/час.

Для автомагистрали (или ее участка) с повышенной интенсивностью движения (т.е. более 500 а/час) целесообразно дополнительно учитывать выброс автотранспорта в районе перекрестка.

В районе перекрестка выбрасывается наибольшее количество вредных веществ автомобилем за счет торможения и остановки автомобиля перед запрещающим сигналом светофора и последующим его движением в режиме «разгона» по разрешающему сигналу светофора.

Это обуславливает необходимость выделить на выбранной автомагистрали участки перед светофором, на которых образуется очередь автомобилей, работающих на холостом ходу в течение времени действия запрещающего сигнала светофора.

Таким образом, для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка суммарный выброс M будет равен:

$$M = \sum_1^n (M_{П_1} + M_{П_2}) + M_{L_1} + M_{L_2} + \sum_1^m (M_{П_3} + M_{П_4}) + M_{L_3} + M_{L_4}, \quad (1.1)$$

где: $M_{П_i}$ - выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора; M_{L_i} - выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени; n и m - число остановок

автотранспортного потока перед перекрестком соответственно на одной и другой улицах его образующих за 20- минутный период времени; индексы 1 и 2 соответствуют каждому из 2- х направлений движения на автомагистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 - соответственно для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

Выброс i - го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) определяется по формуле:

$$M_{L_i} = \frac{L}{3600} \cdot \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot r_{V_i}, \quad (1.2)$$

где: $M_{k,i}^{\Pi}$ (г/км) – пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k - й группы для городских условий эксплуатации, определяемый по таблице 1.1; k - количество групп автомобилей; G_k (1/час) - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения; r_{V_i} - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока на выбранной автомагистрали (или ее участке), определяемый по таблице 1.2; $\frac{1}{3600}$ - коэффициент пересчета «час» в «сек»; L (км) - протяженность автомагистрали (или ее участка) из которого исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования).

Продолжение табл. 1.1.

Наименование группы автомобилей	№	Выбросы							
		CO	NO ^x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз(а)пирен
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе)	III	75,0	5,2	13,4	-	0,22	0,022	0,033	6,3 · 10 ⁻⁶

Окончание табл. 1.1

Наименование группы автомобилей	№	Выбросы							
		СО	NO _x (в пересчете на NO ₂)	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз(а)пирен
Автобусы карбюраторные	IV	97,6	5,3	13,4	-	0,32	0,03	0,041	$6,4 \cdot 10^{-6}$
	V	8,5	7,7	6,0	0,3	1,25	0,21	-	$6,5 \cdot 10^{-6}$
Автобусы дизельные	VI	8,8	8,0	6,5	0,3	1,45	0,31	-	$6,7 \cdot 10^{-6}$
Грузовые газобалонные, работающие на сжатом природном газе	VII	39,0	2,6	1,3*	-	0,18	0,002	-	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Таблица 1.2

**Значения коэффициентов, учитывающих изменения количества
выбрасываемых вредных веществ в зависимости от скорости движения**

Скорость движения (км/час)													
V_i	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100
r_{V_i}	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65

Примечание: для диоксида азота r_{V_i} принимается постоянным и равным 1 до скорости 80 км/час.

При расчетной оценке уровней загрязнения воздуха в зонах перекрестков следует исходить из наибольших значений содержания вредных веществ в отработавших газах, характерных для режимов движения автомобилей в районе пересечения автомагистралей (торможение, холостой ход, разгон).

Выброс i - го загрязняющего вещества (ЗВ) в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определяется по формуле (г/мин):

$$M_{Pi} = \frac{P}{60} \cdot \sum_{n=1}^{N_{\text{ц}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{гр}}} M'_{Pi,k} \cdot G_{k,n} \quad (1.3)$$

где P (мин.) - продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет); $N_{\text{ц}}$ - количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20- минутный период времени ; $N_{\text{гр}}$ - количество групп автомобилей ; $M'_{Pi,k}$ (г/мин) - удельный выброс i -го ЗВ автомобилями, k - ой группы, находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала светофора; $G_{k,n}$ - количество автомобилей k группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце n - го цикла запрещающего сигнала светофора.

Значения $M'_{Pi,k}$ определяются по таблице 1.3, в которой приведены усредненные значения удельных выбросов (г/мин), учитывающие режимы движения автомобилей в районе пересечения перекрестка (торможение, холостой ход, разгон), а значения P , $N_{\text{ц}}$, G_k - по результатам натурных обследований.

Окончание табл. 1.3.

Наименование группы автомобилей	№ группы	Выбросы, г/мин							
		СО	NO _x (в пересчете на NO ₂)	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз(а)пирен
Автобусы дизельные	VI	3,07	0,7	0,41	0,09	0,09	0,020	-	$6,4 \cdot 10^{-6}$
Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе	VII	6,44	0,09	0,26	-	0,01	0,0004	-	$3,6 \cdot 10^{-6}$

Для определения выбросов автотранспорта на городских автомагистралях и последующего их использования в качестве исходных данных при проведении расчетов загрязнения атмосферы проводится изучение особенностей распределения автотранспортных потоков (их состава и интенсивности) по городу и их изменений во времени (в течение суток, недели и года).

Территориальные различия состава и интенсивности транспортных потоков зависят от площади и поперечных размеров города, количества населения, схемы планировки улично-дорожной сети, особенностей расположения промышленных предприятий, автохозяйств, бензозаправочных станций и станций техобслуживания.

Временные различия в значительной степени связаны с режимом работы промышленных предприятий и учреждений города и с климатическими особенностями района, в котором расположен город.

На основе изучения схемы улично-дорожной сети города, а также информации о транспортной нагрузке составляется перечень основных автомагистралей (и их участков) с повышенной интенсивностью движения и перекрестков с высокой транспортной нагрузкой.

В качестве таких магистралей (участков) рассматриваются:

- для городов с населением до 500 тыс. человек - магистрали (или их участки) с интенсивностью движения в среднем более 200 - 300 автомобилей в час;

- для городов с населением более 500 тыс. человек - магистрали (или их участки) с интенсивностью движения в среднем более 400 - 500 автомобилей в час.

Выбранные автомагистрали (или их участки) и перекрестки наносятся на карту-схему города (с учетом масштаба карты). На этой карте фиксируются и перекрестки, на которых предполагается проведение дополнительных обследований.

Для определения характеристик автотранспортных потоков на выбранных участках улично-дорожной сети проводится учет проходящих автотранспортных средств в обоих направлениях с подразделением по следующим группам:

- I (Л) - легковые, из них отдельно легковые и легковые дизельные автомобили;
- II (ГК < 3) - грузовые карбюраторные грузоподъемностью менее 3 тонн и микроавтобусы (ГАЗ -51-53, УАЗы , «Газель» , РАФ и др.);
- III (ГК > 3) - грузовые карбюраторные грузоподъемностью более 3 тонн (ЗИЛы, Урал и др.);
- IV (АК) - автобусы карбюраторные (ПАЗ, ЛАЗ, ЛИАЗ);
- V (ГД) - грузовые дизельные (КРАЗ, КАМАЗ);
- VI (АД) - автобусы дизельные (городские и туристические);
- VII (ГГБ) - грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе.

Подсчет проходящих по данному участку автомагистрали транспортных средств проводится в течение 20 минут каждого часа. При высокой интенсивности движения (более 2 - 3 тыс. автомашин в час) подсчет проходящих автотранспортных средств проводится синхронно раздельно по каждому направлению движения (а при недостаточности числа наблюдателей - первые 20 минут - в одном направлении; следующие 20 минут - в противоположном направлении).

Для выявления максимальной транспортной нагрузки наблюдения выполняются в часы «пик». Для большинства городских автомагистралей отмечается два максимума: утренний и вечерний (соответственно с 7 - 8 часов до 10 до 11 часов и с 16 - 17 часов до 19 - 20 часов), для многих транзитных автомагистралей наибольшая транспортная нагрузка характерна для дневного времени суток.

Натурные обследования состава и интенсивности движущегося автотранспортного потока проводятся не менее 4-6 раз в часы «пик» на каждой автомагистрали.

Результаты натурных обследований структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока заносятся в полевой журнал по форме, приведенной в таблице 1.4.

Для оценки транспортной нагрузки в районе регулируемых перекрестков проводятся дополнительные обследования.

Последовательно (а при возможности одновременно) на каждом направлении движения в период действия запрещающего сигнала светофора (включая и желтый цвет) выполняется подсчет автотранспортных средств (по группам), образующих «очередь». Одновременно фиксируется длина «очереди» в метрах. Подсчеты проводятся не менее 4-6 раз в периоды часа-пик.

Результаты дополнительных обследований заносятся в полевой журнал по форме, приведенной в таблице 1.5.

В ходе проведения натурных обследований дополнительно определяется ряд параметров, необходимых для расчета выбросов.

На каждой автомагистрали (или ее участке) фиксируются следующие параметры:

- ширина проезжей части (в метрах);
- количество полос движения в каждом направлении;
- протяженность выбранного участка автомагистрали (км) с указанием названий улиц, ограничивающих данную автомагистраль (или ее участок);
- средняя скорость автотранспортного потока с подразделением на три основные категории: легковые, грузовые и автобусы (км/час).

Определение средней скорости движения основных групп автотранспортного потока выполняется по всей протяженности обследуемой автомагистрали или ее участка, включая зоны нерегулируемых перекрестков и регулируемых перекрестков.

На обследуемом перекрестке фиксируются следующие параметры:

- ширина проезжей части (м);
- количество полос движения в каждом направлении;
- протяженность зоны перекрестка в каждом направлении (м).

К полевым журналам прилагаются схемы расположения обследуемых автомагистралей и перекрестков с регулируемым движением.

По заданию преподавателя определить выбросы загрязняющих веществ от автотранспортных потоков на элементах улично-дорожной сети.

По результатам выполнения работы сформировать отчет, который должен включать расчеты выбросов от автотранспортных потоков на элементах улично-дорожной сети, полевые журналы наблюдений за интенсивностью транспортного потока, карты-схемы расположения элементов улично-дорожной сети с указанием длины исследуемого участка, ширины проезжей части, этажности прилегающих зданий.

Лабораторная работа 2 определение содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рабочих помещений

Цель работы: освоить методику измерений концентраций загрязняющих веществ с помощью портативных газоанализаторов.

В соответствии с правилами контроля качества воздуха населенных пунктов продолжительность отбора проб загрязняющих веществ при определении разовых концентраций составляет 20-30 мин. Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ для определения среднесуточных концентраций при дискретных наблюдениях по полной программе составляет 20-30 мин, при непрерывном отборе - 24 ч. Отбор проб при определении приземной концентрации примеси в атмосфере проводят на высоте от 1,5 до 3,5 м от поверхности земли.

Конкретные требования к способам и средствам отбора проб, необходимым реактивам, условиям хранения и транспортирования образцов, индивидуальным для каждого загрязняющего вещества, устанавливаются в нормативно-технических документах на методы определения загрязняющих веществ.

По данным о загрязнении атмосферы определяют величины концентраций примесей: разовые (20-30 мин), среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые.

Среднесуточные концентрации определяют как среднеарифметическое значение разовых концентраций, полученных по полной программе через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1, 7, 13, 19 ч, а также по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ определяют как среднеарифметическое значение всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца.

Среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества определяют как среднеарифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

В целях контроля качества атмосферного воздуха могут применяться портативные и стационарные газоанализаторы.

Газоанализаторы предназначены для автоматического непрерывного контроля концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросах

Работа газоанализатора ГАНК-4 осуществляется в автоматическом режиме. Насос подает через входной штуцер газоанализатора анализируемый воздух на датчик или ленту химкассеты.

Принцип действия газоанализатора комбинированный и основан на следующих методах измерений:

а) со встроенными датчиками:

- электрохимический (СО, О₂, Н₂ и др.);
- термokatалитический (СН₄, гексан и др.);
- полупроводниковый (стирол, бензол и др.);

б) со сменной химкассетой:

- оптронноспектрометрический;

в) с дожигателем и химкассетой:

- конверсионный оптронноспектрометрический (4-х хлористый углерод и др).

При измерении с помощью электрохимического датчика измеряется величина тока, пропорциональная концентрации определяемого вещества.

При измерении с помощью термokatалитического датчика измеряется изменение проводимости на платино-палладиевом электроде при термokatалитической реакции, пропорциональной концентрации определяемого вещества.

При измерении с помощью полупроводникового датчика измеряется изменение электропроводимости полупроводникового газочувствительного слоя при химической адсорбции газа на его поверхности, пропорциональной концентрации определяемого вещества.

При измерении с помощью химкассеты измеряется скорость изменения потемнения (окраски) ленты, пропорциональная концентрации определяемого вещества.

При измерении концентраций анализируемый воздух поступает через входной штуцер на датчик или химкассету. Через

время, не более 20 с (при измерении датчиком), или время, не более 30 с (при измерении химкассетой), сигнал поступает в вычислительное устройство, которое преобразовывает его и выдает на ЖКИ в виде значения текущей ($C_{\text{тек}i}$) и средней ($C_{\text{ср}i}$) концентраций в мг\м³.

При работе в режиме «Непрерывные измерения» измеренные значения текущей концентрации ($C_{\text{тек}i}$) и средняя концентрация ($C_{\text{ср}i}$) вычисляются и выдаются на ЖКИ от момента включения газоанализатора до момента его выключения (остановки измерений). После первого измерения значение $C_{\text{ср}i} = C_{\text{тек}i}$, после второго измерения. Формула для расчета средней концентрации после серии из n измерений:

$$C_{\text{ср}i} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{тек}i}}{n} \quad (2.1)$$

Газоанализатор при подготовке к работе и во время проведения измерений должен находиться в горизонтальном положении на рабочем столе или в висячем положении на ремне у оператора.

Перед измерением с помощью химкассеты фотоголовка находится в положении ОТКР. Осторожно ввести ленту в прорезь фотоголовки и установить химкассету. Химкассета должна при этом опираться на два магнита и две опорные стойки, расположенные на внутренней панели газоанализатора, без перекосов. Перевести диск прижима ленты в положение ЗАКР. После проведения цикла измерений с помощью химкассеты фотоголовка должна находиться в положении ОТКР.

Газоанализатор может работать в следующих режимах: - «Непрерывные измерения» – для выполнения измерений от момента включения до момента остановки пользователем; - «Фиксированное t усредн.» – для выполнения измерений с одним временем усреднения согласно ГОСТ:

- а) «Время усреднения 15 мин» – для измерения токсичных веществ;
- б) «Время усреднения 20 мин» – для автоматического контроля загрязнения атмосферы;

в) «Время усреднения 30 мин» – для измерения веществ преимущественно фиброгенного действия.

Порядок выполнения работы

При работе с химкассетой:

1. Откройте верхнюю крышку газоанализатора.
2. Установите химкассету на контролируемое вещество (перечень веществ для контроля с применением химкассет размещен на внутренней части крышки газоанализатора).
3. Включите газоанализатор переключателем **ПИТАНИЕ**, размещенном на правой торцевой стороне прибора.
4. При наличии двух диапазонов измерений (А.В. – атмосферный воздух и Р.З. – рабочая зона) для перехода в диапазон Р.З. нажмите одновременно два раза кнопки **КОД** и **ПУСК** (расположены на внешней стороне крышки прибора).
5. Нажмите и удерживайте кнопку **ПУСК** до появления на дисплее надписи «Код вещества 00Объект00».
6. Установите код вещества и номер объекта кнопками **КОД** и **ПУСК**.
7. Нажмите кнопку **ПУСК** для начала измерений.

При работе с датчиками:

1. Проверьте отсутствие химкассеты.
2. Включите газоанализатор переключателем **ПИТАНИЕ**, размещенном на правой торцевой стороне прибора.
3. Нажмите и удерживайте кнопку **ПУСК** до появления на дисплее надписи «Код вещества 00Объект00».
4. Установите код вещества и номер объекта кнопками **КОД** и **ПУСК**.
5. Нажмите кнопку **ПУСК** для начала измерений.
6. Нажмите одновременно кнопки **КОД** и **ПУСК** для сброса первых двух-трех замеров.
7. Для проведения онуления показаний нажмите и удерживайте кнопку **ПУСК** до появления звукового сигнала и отображения на дисплее символа «*».
8. Для приостановки измерений (например при перемещении от одной точки замера концентраций к другой) дважды

одновременно нажмите кнопки **ПУСК** и **КОД**. Чтобы продолжить измерения нажмите кнопку **ПУСК**.

Примечание: при измерениях в запыленной среде на выходной штуцер газоанализатора перед проведением измерений необходимо подсоединить пылевой фильтр ФП-1.

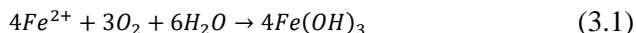
9. При переходе к измерению другого вещества отключить питание газоанализатора переключателем **ПИТАНИЕ**, расположенным на боковой панели прибора и повторить весь алгоритм действий.

Задание: выполнить измерение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Перечень веществ и количество точек опробование получить у преподавателя.

Лабораторная работа № 3. Определение содержания железа общего в природных и сточных водах

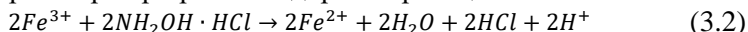
Цель работы: освоение методики определения содержания железа общего в природной (сточной) воде различными методами.

В природных водах железо может находиться в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, может входить в состав минеральных и органических соединений. В подземных водах преобладают соединения двухвалентного железа $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeSO_4 , образующиеся при растворении железосодержащих пород. Эта форма содержания железа устойчива в присутствии растворенного CO_2 и в отсутствие кислорода. При выходе подземных вод на поверхность наблюдается окисление Fe^{2+} в Fe^{3+} , сопровождающееся образованием трудно растворимого $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



Для количественного определения железа общего в воде применяется спектрофотометрический метод анализа. Данный метод основан на образовании оранжево-красного комплекса железа с О-фенантролином и фотометрировании полученных растворов при длине волны 502 нм.

При наличии в воде железа (III) оно восстанавливается солянокислым гидроксиламином до железа (II) в ацетатном буферном растворе при pH=4-5 ед. pH по реакции:



Растворы комплексов железа с О-фенантролином подчиняются закону Бугера-Ламберта-Бера: поглощение потока излучения прямо пропорционально концентрации поглощенного вещества, через которое проходит данный поток излучения.

Объединенный закон Бугера-Ламберта-Бера выражается уравнением:

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon Cl} \quad (3.3)$$

или в логарифмической форме:

$$\lg \left(\frac{I_0}{I_t} \right) = \varepsilon \cdot C \cdot l, \quad (3.4)$$

где I_0 – интенсивность падающего потока излучения; I_t – интенсивность потока, прошедшего через раствор; ε – молярный коэффициент поглощения, не зависящий от концентрации (молярный коэффициент поглощения комплекса железа с орто-фенантролином составляет $1,10 \times 10^4$); C – молярная концентрация вещества в растворе, моль/дм³; l – толщина поглощающего слоя, см.

Величина $lg\left(\frac{I_0}{I_t}\right)$ называется оптической плотностью поглощающего вещества (A) и определяется по формуле:

$$A = lg\left(\frac{I_0}{I_t}\right) = \varepsilon \cdot C \cdot l \quad (3.5)$$

Оптическая плотность является основной величиной, характеризующей поглощение раствора вещества с определенной концентрацией при определенной длине волны (λ) и толщине поглощающего слоя (l).

Ход работы:

1. Подготовка фотоэлектроколориметра к работе проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

2. Приготовление градуировочных растворов.

Массовая концентрация железа общего определяется по предварительно построенной градуировочной характеристике.

Градуировочная характеристика устанавливается не менее чем по 5 точкам. Для этого готовится шкала градуировочных растворов с содержанием железа общего 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 и 2,0 мг/дм³ в мерной колбе вместимостью 100 см³. Приготовление градуировочных растворов производится методом последовательного разбавления из государственного стандартного образца (ГСО) водного раствора железа общего.

3. Окрашивание растворов

В склянку приливается 10 см³ образца / градуировочного раствора, при необходимости раствор доводится до pH=4-5 ед. pH раствором соляной кислоты или гидроксида натрия. Контроль pH проводят по универсальной индикаторной бумаге. Затем добавляется 0,2 см³ (4-5 капель) раствора солянокислого гидроксилamina, 1 см³ ацетатного буферного раствора и 0,5 см³ раствора О-фенантролина и производится перемешивание раствора.

В оптимальных условиях окраска развивается в течение 15 - 20 минут и устойчива во времени.

4. Выполнение измерений.

Окрашенный раствор помещается в кювету с толщиной поглощающего слоя 10 мм и определяется его оптическая плотность при длине волны 502 нм относительно холостой пробы (в качестве холостого раствора используется бидистиллированная вода).

По полученным значениям оптической плотности градуировочных растворов строится градуировочная характеристика – зависимость оптической плотности от концентрации железа ($r^2 \geq 0,95$).

По уравнению аппроксимирующей функции определяется коэффициент пересчета оптической плотности в значения концентрации (мг/дм^3).

5. Обработка полученных данных.

Полученные концентрации железа общего необходимо сравнить с предельно-допустимой концентрацией (ПДК) железа в воде в соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13.12.2016, ГН 2.1.5.1315-03 (в зависимости от того, к какому виду водопользования относится исследуемый водный объект).

По результатам выполнения работы необходимо сформировать отчет, который должен содержать ход выполнения измерений, сравнение полученных концентрация железа с нормативными, в случае если концентрация в исследуемой воде превышает ПДК, необходимо предложить методы обезжелезивания воды.

Лабораторная работа № 4. Определение содержания общей жесткости в питьевой воде

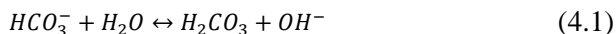
Цель работы: освоение методики определения жесткости природной (сточной) воды методом титрования.

По термином «жесткость воды» понимают суммарную концентрацию катионов двухвалентных щелочноземельных металлов, прежде всего кальция и магния, содержащихся в воде.

Различают общую, временную и постоянную жесткость воды. Общая жесткость обусловлена присутствием в воде растворимых солей кальция и магния.

Временная – обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния.

В воде содержащей ионы HCO_3^- , устанавливается равновесие:

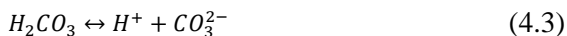


Также протекают реакции:

- разложения угольной кислоты:

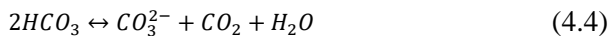


- электролитическая диссоциация:



Равновесия в этих процессах связаны между собой. При нагревании воды растворимость CO_2 уменьшается, часть угольной кислоты переходит в газообразное состояние и равновесие (4.2) смещается вправо. Вследствие этого смещается вправо равновесие (4.1), создается избыток ионов OH^- , которые взаимодействуют с ионами H^+ , вызывая смещение вправо равновесия (4.3).

В результате чего ионы HCO_3^- переходят в ионы CO_3^{2-} :



Таким образом, при кипячении воды жесткость, вызванная присутствием гидрокарбонатов кальция и магния, устраняется и поэтому называется временной жесткостью.

Постоянная (некарбонатная) жесткость вызвана присутствием других растворимых солей, в основном, сульфатов и хлоридов кальция и магния.

Общая жесткость варьирует в широких пределах в зависимости от типа породы и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона года. В таблице 4.1 представлена характеристика вода в зависимости от ее общей жесткости.

Таблица 4.1

Характеристика вод в зависимости от общей жесткости

Характер воды	Общая жесткость	
	dH	мг-экв/дм ³
Очень жесткая	23-34	более 12
Жесткая	13-22	8-12
Средней жесткости	9-12	4-8
Мягкая	5-8	1,5-4
Очень мягкая	0-4	менее 1,5

Определение общей жесткости основано на образовании комплексных соединений натриевой соли этилендиамин тетрауксусной кислоты (трилона Б) с ионами щелочноземельных металлов. Определение проводится титрованием пробы раствором трилона Б в присутствии индикатора – эриохрома черного Т. Контроль *pH* проводится по универсальной индикаторной бумаге.

В присутствии в воде ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} при $pH = 7 - 11$ индикатор за счет образования комплексов с этими ионами приобретает характерный лилово-красный цвет. При добавлении трилона Б эти комплексы распадаются и ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связываются в бесцветный более прочный комплекс с трилоном Б, а раствор приобретает бледно-синюю окраску индикатора. Изменение окраски происходит в тот момент, когда израсходуются все ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , при этом количество вступившего в реакцию трилона Б эквивалентно их количеству.

Ход работы:

1. Определение общей жесткости методом титрования проводят с использованием 2-3 параллельных проб, то есть исследуемый образец воды делится на 2-3 равные части и далее анализируется.

В коническую колбу отбирается 50 см³ исследуемой воды, 5 см³ аммонийного буферного раствора ($NH_4OH + NH_4Cl$) и 5-7 капель раствора эриохрома черного Т (вместо раствора можно использовать сухую смесь индикатора массой 0,1 г).

2. Титрование производится раствором трилона Б концентрацией 0,05 н до изменения окраски с лилово-красного цвета до бледно-синего.

Раствор трилона Б в начале титрования добавляется довольно быстро при постоянном перемешивании. Затем, когда цвет раствора начинает меняться, раствор трилона Б добавляется медленно, по каплям.

3. Обработка результатов.

Общая жесткость воды, °Ж (мг-экв/дм³) рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ОЖ} = \frac{2 \cdot C_{\text{ТрБ}} \cdot V_{\text{ТрБ}} \cdot k}{V_{\text{ал}}}, \quad (4.5)$$

где 2 – коэффициент пересчета; $C_{\text{ТрБ}}$ – концентрация раствора трилона Б, моль/дм³ (н); $V_{\text{ТрБ}}$ – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, см³; k – коэффициент разбавления исследуемой пробы воды; $V_{\text{ал}}$ – объем пробы, взятой на анализ, см³.

За результат измерения принимается среднеарифметическое значение результатов 2-3 определений.

4. Обработка полученных данных.

Сравнить полученное значение общей жесткости с нормативным значением в соответствии СанПиН 2.1.4.1175-02 или СанПиН 2.1.4.1074-01.

По результатам выполнения работы необходимо сформировать отчет, который должен содержать ход выполнения измерений, сравнение полученной жесткости воды с нормативными значениями, в случае не соблюдения нормативов ПДК предложить способы снижения или увеличения жесткости в воде.

Лабораторная работа № 5. Определение содержания нитрат-иона в почве

Цель работы: освоение методики определения содержания нитратов в почвах различными методами.

Азот относится к числу биогенных элементов и его соединения имеют особое значение для развития жизни в водных объектах.

Нитраты в почвах присутствуют почти всегда. Помогают им образовываться нитрифицирующие бактерии. Вред нитратов для здоровья человека зависит от их количества в почвах. Чем выше содержание нитрат-иона в почве, тем в большем количестве он накапливается в овощных и кормовых культурах, следовательно, в больших количествах поступает в организм человека.

Фотометрический метод определения нитрат-ионов основан на предварительном восстановлении нитрат-иона до нитрит-иона цинковым восстановителем с последующим образованием окрашенного раствора в результате реакции нитрит-иона с реактивом Грисса (смеси сульфаниловой, винной кислот и α -нафтиламина).

Ход работы:

1. Отобранные пробы почвы довести до воздушно-сухого состояния, измельчить в ступке и просеять через сито с размером ячеек 1 мм.

2. Образец почвы массой 20 г помещается в коническую колбу, добавляется 50 см³ бидистиллированной воды и в течение 3 минут производится перемешивание. После чего производится фильтрование через обеззоленный фильтр «синяя лента», далее фильтрат (водная вытяжка) анализируется.

3. Подготовка фотоэлектроколориметра к работе проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

4. Приготовление градуировочных растворов.

Массовая концентрация нитрат-иона определяется по предварительно построенной градуировочной характеристике.

Градуировочная характеристика устанавливается не менее чем по 5 точкам. Для этого готовится шкала градуировочных растворов с содержанием нитрат-иона 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 и 5,0 мг/дм³ в

мерной колбе вместимостью 100 см³. Приготовление градуировочных растворов производится методом последовательного разбавления из государственного стандартного образца (ГСО) раствора нитрат-иона.

3. Окрашивание растворов

В склянку приливается 10 см³ образца / градуировочного раствора, далее на кончике шпателя добавляется реактив Грисса и производится перемешивание раствора. Затем добавляется на кочике шпателя порошок восстановитель и вновь перемешивается.

В оптимальных условиях окраска развивается в течение 30 - 40 минут и устойчива во времени.

4. Выполнение измерений.

Окрашенный раствор помещается в кювету с толщиной поглощающего слоя 10 мм и определяется его оптическая плотность при длине волны 520 нм относительно холостой пробы (в качестве холостого раствора используется бидистиллированная вода).

По полученным значениям оптической плотности градуировочных растворов строится градуировочная характеристика – зависимость оптической плотности от концентрации нитрат-иона ($r^2 \geq 0,95$).

По уравнению аппроксимирующей функции определяется коэффициент пересчета оптической плотности в значения концентрации нитрат-иона в растворе (мг/дм³).

Расчет содержания нитрат-иона в почве, мг/кг, производится по формуле:

$$C_{\Pi} = \frac{(C_{p-p} - C_{хол}) \cdot V_{p-p} \cdot k}{m_{\Pi}} \quad (5.1)$$

где C_{p-p} – концентрация нитрат-иона в водной вытяжке, мг/дм³; $C_{хол}$ – концентрация нитрат-иона в холостом растворе, мг/дм³; V_{p-p} – объем водной вытяжки, взятый на исследование, см³; k – коэффициент разбавления водной вытяжки; m_{Π} – масса навески почвы, взятая на исследование, г.

5. Обработка полученных данных.

Полученные концентрации нитрат-иона необходимо сравнить с ПДК нитрат-иона в почве в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06.

По результатам выполнения работы необходимо сформировать отчет, который должен содержать ход выполнения измерений, сравнение полученных концентрация нитрат-иона с нормативными значениями, в случае не соблюдения нормативов ПДК предложить способы санации почв.

Лабораторная работа № 6. Определение содержания нефтепродуктов в почве

Цель: приобретение навыков проведения химического анализа флуориметрическим методом анализа.

Флуориметрия – метод фотометрического анализа, основанный на измерении интенсивности вторичного излучения, возникающего в результате взаимодействия лучистой энергии с определяемым веществом.

Физический эффект флуоресценции заключается в том, что молекула исследуемого вещества поглощает квант света возбуждения и при этом переходит в новое, энергетически более богатое состояние, через некоторый микропромежуток времени она излучает избыточную энергию в виде кванта света флуоресценции.

Метод измерений: флуориметрический метод измерения массовой доли нефтепродуктов в почве заключается в последовательном проведении следующих операций:

- экстракция нефтепродуктов из образца гексаном;
- измерение интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Приборы и реактивы:

- анализатор жидкости «Флюорат-02»;
- весы лабораторные;
- государственный стандартный образец (ГСО) состава раствора нефтепродуктов (НП) в гексане с концентрацией 1 г/дм³);
- гексан для УФ-спектроскопии;
- мерные колбы вместимостью 25, 50 и 100 см³;
- пипетка.

Ход работы:

1. Получить у преподавателя навеску нефтезагрязненной почвы.

2. Приготовление градуировочных растворов нефтепродуктов в гексане.

В мерную колбу вместимостью 50 см³ поместить 5 см³ государственного стандартного образца (1г/дм³) нефтепродуктов в гексане, разбавить гексаном до метки и тщательно перемешать. Далее из полученного градуировочного раствора с концентрацией

нефтепродуктов 100 мг/дм^3 отобрать аликвоту объемом 5 см^3 в мерную колбу вместимостью 50 см^3 , довести до метки гексаном и тщательно перемешать. Концентрация нефтепродуктов в полученном градуировочном растворе 10 мг/дм^3 .

3. Подготовка пробы к анализу.

Навеску образца почвы поместить в коническую колбу вместимостью 100 см^3 и добавить с помощью пипетки 10 см^3 гексана. Затем содержимое колбы интенсивно перемешать и полученный экстракт отфильтровать через бумажный фильтр «красная лента» в колбу вместимостью 25 см^3 . Коническую колбу ополоснуть 5 см^3 гексана и промыть им почву на фильтре, объединяя фильтраты. Затем раствор довести до метки гексаном и перемешать. В полученном растворе определить концентрацию нефтепродуктов по п.4.

4. Измерение массовой концентрации НП в растворе.

Во время градуировки анализатора Флюорат-02 и всех измерений в канале возбуждения использовать светофильтр №1, а в канале регистрации - светофильтр №3. (рис. 6.1). Градуировку анализатора осуществляют путем измерения сигнала флуоресценции чистого растворителя (гексана) и раствора нефтепродуктов в гексане (10 мг/дм^3).



Рис. 6.1. Анализатор жидкости «Флюорат-02»

На панели управления прибором войти в меню «Градуировка», установить $C_0 = 0$ и $C_1 = 10$. При помощи клавиш

со стрелками перевести курсор на ячейку со значением параметра "J0", затем в кюветное отделение поместить кювету с гексаном и нажать клавишу "Ent". Далее перевести курсор на ячейку со значением параметра "J1", а в кюветное отделение поместить кювету с градуировочным раствором с концентрацией НП 10 мг/дм³ и нажать клавишу "Ent". При этом значения параметров "С2" - "С6" и "J2" - "J6" должны быть равны 0. После окончания градуировки войти в режим "Измерение". В режиме измерение зафиксировать концентрацию НП в растворе и величину светопропускания "Т". Полученные результаты зафиксировать в рабочем журнале. Если измеренное значение концентрации нефтепродуктов в экстракте оказывается выше 10 мг/дм³ или значение "Т" меньше 75 %, то экстракт разбавляют. Для этого в сухую мерную колбу вместимостью 25 см³ отобрать 2-5 см³ экстракта и довести до метки гексаном. Измерить интенсивность флуоресценции полученного раствора в режиме "Измерение".

5. Обработка результатов измерений.

Концентрацию НП в пробе почвы (мг/г) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{C_{\text{изм}} \cdot V_{\text{г}} \cdot k}{m_{\text{п}}} \quad (6.1)$$

где $C_{\text{изм}}$ - массовая концентрация НП в гексановом растворе, измеренная на анализаторе, мг/дм³; $V_{\text{г}}$ - конечный объем гексанового раствора, дм³; k - коэффициент разбавления; $m_{\text{п}}$ - масса навески почвы, г.

По результатам выполнения работы необходимо сформировать отчет, который должен содержать ход выполнения измерений, сравнение полученных концентрация нефтепродуктов с нормативными значениями, в случае не соблюдения нормативов ПДК предложить способы санации почв.

Рекомендуемый библиографический список

а) основная литература

1. *Васюкова А. Т.* Экология: учебник / А.Т. Васюкова, А.А. Славянский, А.И. Ярошева. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 180 с. ISBN 978-5-8114-4391-8.

2. *Козловская О. В.* Экология: учебное пособие / О.В. Козловская. Самара: АСИ СамГТУ, 2018. 132 с.

3. Региональные проблемы теплоэнергетики: учебное пособие / В.М. Лебедев, С.В. Приходько, В.К. Гаак [и др.]; под общей редакцией В.М. Лебедева. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 136 с. ISBN 978-5-8114-3694-1.

б) дополнительная литература

4. Экологические основы природопользования: учебное пособие / составитель И.Б. Яцков. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 224 с. ISBN 978-5-8114-4270-6.

5. Криштафович В.И. Физико-химические методы исследования: учебник / В.И. Криштафович, Д.В. Криштафович, Н.В. Еремеева. 2-е изд. Москва: Дашков и К, 2018. 208 с. ISBN 978-5-394-02842-7.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа № 1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в условиях городской среды	4
Лабораторная работа 2 определение содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рабочих помещений.....	19
Лабораторная работа № 3. Определение содержания железа общего в природных и сточных водах	24
Лабораторная работа № 4. Определение содержания общей жесткости в питьевой воде	27
Лабораторная работа № 5. Определение содержания нитрат-иона в почве	30
Лабораторная работа № 6. Определение содержания нефтепродуктов в почве	33
Рекомендуемый библиографический список.....	36