

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Кафедра инженерной экологии и химии

Н. П. Яловая, В. А. Халецкий, Ю. С. Яловая, К. В. Бондарь

ЭКОЛОГИЯ
Лабораторный практикум
для студентов технических специальностей

N. P. Yalavaya, V. A. Khaletski, Y. S. Yalavaya, K. V. Bondar

ECOLOGY
Laboratory Practicum
for the students of technical specialities

Брест 2020

УДК 574
ББК 28.081
Э40

Рецензенты:

Кадырова Э. М., кандидат химических наук, доцент кафедры экологической химии, факультет экологии и почвоведения, Бакинский Государственный Университет,

Ступень Н. С., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химии, биологический факультет, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

Яловая, Н. П.

Э40 Экология: лабораторный практикум для студентов технических специальностей / Н. П. Яловая, В. А. Халецкий, Ю. С. Яловая, К. В. Бондарь. — Брест: Издательство БрГТУ, 2020. — 111 с.

ISBN 978-985-493-510-2.

Лабораторный практикум по экологии предназначен для студентов технических специальностей, обучающихся в Учреждении образования «Брестский государственный технический университет». Практикум включает в себя лабораторные работы, посвящённые анализу природных вод, минеральных удобрений, синтетических моющих средств; изучению влияния экологических факторов на устойчивость биоты; использованию биоиндикации. Практикум составлен на английском и русском языках.

УДК 574
ББК 28.081

ISBN 978-985-493-510-2

© Издательство БрГТУ, 2020
© Яловая Н. П., 2020
© Халецкий В. А., 2020

Оглавление

1.1 ANALYSIS OF ABIOTIC FACTORS OF WATER ECOSYSTEMS	5
1.1.1 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF WATER	8
1.1.2 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER	12
1.1.3 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE EPIDEMIOLOGICAL SAFETY OF WATER	20
1.2 INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENOUS ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE STABILITY OF BIOTA	24
1.2.1 DETERMINING RESISTANCE OF PLANTS TO HIGH TEMPERATURES	25
1.2.2 INFLUENCE OF THE SALTS OF HEAVY METALS ON COAGULATION OF VEGETABLE AND ANIMAL PROTEINS	27
1.3 BIOINDICATION OF POLLUTION OF ENVIRONMENTAL SYSTEMS	30
1.4 QUALITATIVE RECOGNITION OF MINERAL FERTILIZERS AS POSSIBLE POLLUTANTS OF SOILS AND AGRICULTURAL PRODUCTS	37
1.5 SYNTHETIC WASHING AGENTS	47
1.5.1 GENERAL INFORMATION	47
1.5.2 SAFETY PRECAUTIONS	52
2.1 АНАЛИЗ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ	57
2.1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ	60
2.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ	65
2.1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДЫ	73
2.2 ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТЫ	77
2.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ	78

2.2.2 ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА КОАГУ- ЛЯЦИЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ЖИВОТНЫХ БЕЛКОВ . . .	80
2.3 БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	83
2.4 КАЧЕСТВЕННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, КАК ВОЗМОЖНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПОЧВ И СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ	90
2.5 СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОЮЩИЕ СРЕДСТВА	100
2.5.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	100
2.5.2 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	106

1.1 ANALYSIS OF ABIOTIC FACTORS OF WATER ECOSYSTEMS

Objective: to study the reasons for the appearance of water contaminants, methods of control of their content in the water, and to assess the suitability of a source for household water supply on the basis of water quality data.

GENERAL INFORMATION

Hydrosphere is an intermittent water shell of the Earth, located between the atmosphere and the earth crust. It is a combination of the oceans, seas, and terrestrial water bodies (rivers, lakes, reservoirs, wetlands, groundwater), including the accumulations of water in the solid phase (snow cover, ice). The World Ocean occupies 71% of the Earth surface, its average depth is 3704 m, the highest depth is 11034 m, the mass of the water reaches $1.5 \cdot 10^{18}$ tonne. Hydrosphere serves as a natural accumulator of the majority of contaminants released into the atmosphere or the lithosphere. It is associated with a great solvent ability of water, with water cycle in nature and with the fact that reservoirs are the final destination on the way of movement of various wastewater.

The presence of contaminants in an aqueous environment has an effect on vital functions of certain living organisms and on the functioning of the entire water system.

Natural water is inhomogeneous medium. It contains substances in the solid, gaseous and true dissolved state, a lot of microorganisms which are in equilibrium with the surrounding medium.

The impact of contaminants on natural water reservoirs is different. Thermal pollution causes the intensification of life processes of the water organisms that disturbs the equilibrium of the ecosystem. Mineral salts are dangerous to the unicellular organisms that exchange with the external environment by osmosis. Suspended substances reduce the transparency of the water, reduce the photosynthesis of aquatic plants and aeration of the water environment, promote siltation of the bottom in areas with a low flow rate, and have an adverse effect on the life processes of the water organisms that function as a biofilters. Various contaminants can be adsorbed on the suspended particles. Settling on the bottom, such suspended particles can become a source of secondary pollution of water.

Heavy metals water pollution has not only environmental damage, but also cause a significant economic damage. The sources of water pollution by heavy metals are the galvanizing plants, mining industries, iron and nonferrous-metals industries. When the water is polluted by the oil products the film is formed on the surface of the water that prevents the gas exchange of water with the atmosphere. Many other contaminants are accumulated

in such film and in the emulsion of heavy fractions. Besides oil products themselves are accumulated in the water organisms. The main sources of water contamination by oil products are water transport and surface runoff from urban areas. Water pollution by biogenic elements leads to *eutrophication of water reservoirs*¹.

Organic dye substances, phenols, surfactants, dioxins, pesticides, etc. create the danger of origination of toxicological situation in the water reservoir. Especially toxic and resistant in the environment are dioxins. Dioxins means two groups of chlorinated organic compounds which belongs to dibenzodioxins and dibenzofurans. One of them – 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD) is a very toxic compound. The toxic effect of various dioxins manifested the same, but differ in intensity. Dioxins accumulate in the environment, and their concentration increases.

The study of water contamination has its own specifics. As in the case of the definition of atmospheric contaminations the small amounts of substances of non-permanent composition in the presence of other pollutants must to be determined. The difference is that the uncontaminated water constantly contain organic and inorganic substances of complicated structure in itself, moreover, in the water chemical and photochemical processes occur, which lead to changes in the composition of chemical substances. Biological objects of animal and vegetable origin are taking a great interest in the chemical transformations. Hence the oxygen content is one of the most important indicators of the state of the water system.

Particular importance for the correct evaluation of water contamination, including sampling of substances has a substance distribution which depends on many local conditions: the speed and nature of the water movement, precipitations, physical and chemical properties of pollutants and their stability in water, etc. A dynamic equilibrium between these factors usually takes place. If conditionally to cut the water mass by the vertical plane, we can distinguish locations with different reactivity: surface film, the the main water mass and bottom sediment.

Bottom sediment and surface film are zones of concentration of pollutants. The water-insoluble compounds are settled at the bottom and the precipitate is a good adsorbent for many substances.

Non-degradable pollutants can enter the water. Such pollutants are able to react with other chemical compounds to form stable final products, which are accumulated in biological objects (plankton, fish and so on) and through the food chain get into the human body.

When choosing the sampling point of water all the circumstances that may affect the composition of the taken sample must be taken into account.

¹**Eutrophication of water reservoirs** is the excessive enrichment of water environment by nutrients (biogenic elements and organic substances), which promote the increased development of vegetable and animal organisms.

There are two main kinds of samples: *point sample* and *average sample*. *Point sample* is obtained by selecting the required volume of water at a time. *Average sample* is prepared by mixing equal volumes of samples taken at regular intervals. Average sample is the more accurate the smaller the intervals between single constituents of its samples. Depending on the purpose of studies sampling can be *one-off* and *regular (serial)*. *One-off sampling* is used when:

- 1) the measured parameters are subject to great changes in time or (and) in depth and area of water;
- 2) the laws of changing of determined parameters are known;
- 3) the most general ideas of the quality of the water in the water reservoir is only required;
- 4) the periodic determination of possible changes in the composition of the water in the earlier well-studied water reservoirs is required.

Regular (serial) sampling is a sampling, in which each sample is taken at a certain time and (or) spatial relationship with others. It provides the most certain and reliable information on waters quality.

When monitoring the waters quality of surface water reservoirs, the sampling point is selected in accordance with the analysis objectives and on the basis of the study of the terrain. In order to exclude the influence of random factors of a local nature, the tributaries of the river and the sources of contamination of the basin of the water reservoir which are located above the sampling point should be especially carefully examined. With the exception of observations for special purposes, water samples for chemical analysis should not be taken in the following points:

- 1) subjected to the direct influence of tributary waters;
- 2) nearby the discharge of waste waters or if the banks are polluted with wastes;
- 3) in areas of weak water exchange.

In surface water bodies, where the purpose of the investigation is not a surface or bottom layer, the sample is taken at a depth of 20–30 cm from the surface and at such a distance from the bottom as the sampling equipment allows. Samples are taken either mixed in length, or at a number of points in the cross section.

A water sample for analysis is sampled in clean utensil, which is pre-rinsed 2–3 times with the investigated water. From open water reservoirs, the samples are taken in the fairway of the river from a depth of 50 cm. The bottle with the weight is lowered to the depth, after that the cork is opened by the holder attached to it. It is better to use for this purpose special instruments called *bathometers*, which allow to use the utensil of different shapes and capacities. The *bathometer* consists of a clamp, that tightly wrap the utensil, and a device for opening the cork at the required depth.

When long-term standing of the sample takes place the considerable changes in the composition of water may occur. Therefore, if it is not possible to start the water analysis immediately after the sampling or in 12 hours after the sampling, the water sample is preserved to stabilize the chemical composition. There is no universal conserving agent.

To determine the water quality four groups of indicators are used:

group 1 – indicators characterizing the organoleptic properties of water;

group 2 – indicators characterizing the chemical composition of water;

group 3 – indicators characterizing the epidemiological safety of water;

group 4 – indicators characterizing the radiological properties of water.

In this laboratory work, it is proposed to consider the determination of indicators characterizing the organoleptic properties, the chemical composition of water and the epidemiological safety of water.

1.1.1 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF WATER

Organoleptic properties are normalized according to the intensity of their perception by man. These properties are temperature, transparency, turbidity, chromaticity, odor, taste and aftertaste, impurities (film, aquatic organisms).

WORK PROGRESS

Determination of water temperature

Equipment, materials: *mercury thermometer for measuring water temperature with a centigrade scale and a division price of 0.1 °C; water samples.*

The *water temperature* is the most important characteristic, which largely determines the speed, and sometimes the direction of changes in its quality. The physical, chemical, biological and biochemical processes in the water reservoir depend on the temperature of the water.

The summer temperature of the water as a result of the discharge of sewage should not increase by more than 3 °C compared to the average monthly temperature for the last 10 years.

Measurement of water temperature is performed during or immediately after sampling. To this end, a combined mercury thermometer with a division price of 0.1 °C is usually used.

Determination of water transparency

Equipment, materials: *a glass cylinder with an internal diameter of 2.5 cm, a height of 50 cm and a flat bottom; font (the height of the letters is 2 mm, and the thickness of the letter lines is 0.5 mm); ruler; water samples.*

Transparency (or *light transmission*) of water is caused by its own color and turbidity, i.e. the content in it of various colored and suspended organic and mineral substances.

The degree of transparency of water is expressed by the height of the column of liquid in cm, through which a special font is clearly visible. Depending on the degree of transparency, water is divided into: *transparent; slightly turbid; turbid; strongly turbid.*

Transparency of at least 30 cm should have water supplied to drinking water without clarification. River waters, except for mountain waters, can have a transparency of 25 cm. Reducing the transparency of natural waters indicates their contamination.

The test water is poured into a cylinder, under the bottom of which a font is placed. Water is poured until it will be possible to clearly read the embedded font through a layer of water from above. The height of the column of water in the cylinder is measured with a ruler. The determination is made with good daylight scattered light at a distance of 1 m from the light-bearing wall. The measurements are repeated several times (at least 3–4), and the average of the single measurements is taken as the final result.

Determination of sediment in the water

Equipment, materials: *a glass cylinder; water samples.*

The water, stirred in the bottle, is poured into the cylinder by a layer of approximately 30 cm and left alone for 1 hour if water is taken from an open reservoir, or for 1 day if water is taken from underground sources. The sediment is evaluated *quantitatively* (no, insignificant, noticeable, large) and *qualitatively* (sandy, clayey, silty, crystalline, flaky). The color of the sediment also should be noted. A large sediment indicates the contamination of water.

Determination of the water chromaticity

Equipment, reagents, materials: *photocolorimeter; cylinder per 100 ml; volumetric flasks per 1 liter; distilled water; standard solution No. 1 (0.0875 g of potassium dichromate, 2 g of cobalt sulfate and 1 ml of sulfuric acid with a density of 1.84 g/ml is dissolved in distilled water and the volume is adjusted to 1 L. The solution corresponds to a color of 500 deg); solution No. 2 (1 ml of conc. H₂SO₄ is adjusted to 1 liter with distilled water); water samples.*

Chromaticity — a natural property of water, due to the presence of humic substances, which give it a color from yellowish to brown. Humic substances are formed by the destruction of organic compounds in the soil, washed out of it and enter open water reservoir. Therefore, color is inherent in the water of open water bodies and sharply increases during the flood period. The color of the water is determined in degrees. Water, having a chromaticity of 20 degrees, is considered colorless. Water that does not undergo discoloration before feeding to the consumer must have a chromaticity not more than 20 degrees. When a chromaticity is greater than 35 degrees water consumption is limited.

The chromaticity is determined by visual photocolometric methods. For visual identification, 100 ml of filtered investigated water are poured into the colorimetric cylinder. The color of the control solution should coincide with the color of the investigated water in the colorimetric cylinder.

A more accurate determination of chromaticity is made on a photoelectric colorimeter. For this, a graduated graph is constructed on a chromium-cobalt color scale. Solutions with different chromaticity are determined photometrically in a cuvette for 5 cm in the blue part of the spectrum with respect to filtered distilled water. To prepare a color scale, solutions No. 1 and No. 2 are prepared and mixed in cylinders in the following ratios (Table 1.1.1).

Table 1.1.1 — Chrome-cobalt color scale

Solution No. 1, ml	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
Solution No. 2, ml	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	84
Degrees of chromaticity, deg	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

Determination of the odor of water

Equipment, materials: *water bath; thermometer for measuring water temperature; conical flasks; test tubes; water samples.*

The *odor of water* is caused by volatile smelling substances entering it:

- as a result of the processes of vital activity of aquatic organisms;
- at the biochemical decomposition of organic substances;
- at the chemical interaction of components contained in the water reservoir;
- with wastewater from chemical, metallurgical, oil refining, machine building, etc.;
- when treating drinking water.

The type, intensity and stability of the odor can be different and depend on the composition of the substances causing it, the temperature, the active reaction of the medium (pH), the degree of contamination, etc. Pure natural waters have no odors.

There are the following main types of odor (Table 1.1.2).

Table 1.1.2 — Types of odor

Classification of odors	Abbreviation	Examples or possible sources
Fragrant or spicy	A	Camphor, clove, lavender
Cucumber	Ae	Fresh cucumber
Balsamic (floral)	B	
Sweetish	Bs	
Chemical	C	Industrial wastewater or chemical treatment
Chloric	Co	Free chlorine
Hydrocarbonic	Ch	Sewage of oil refineries
Medicinal (drug)	Cm	Phenol, iodoform
Sulphury	Cs	Sulphureted hydrogen
Dungy	Dp	Animal husbandry wastewater
Putrefactive	Dz	Stagnant wastewater

The odor is estimated in points. The water, which odor does not exceed 2 points, is considered to be odorless water. The presence of an odor in water significantly impairs the organoleptic properties, making it unfit for drinking. To determine the intensity of odor, the scoring system proposed in Table 3 is usually used.

The odor is determined soon after sampling. Samples are not filtered or preserved.

The method is based on the determination of the type and intensity of odor at temperatures of 20 and 60 °C.

The odor must be determined in a room that is isolated from the penetration of foreign odors. Be sure to specify the temperature of the ambient air. To exclude subjective error, cooperation of several persons is advisable.

A sample of water is added to the conical flask at 20 °C and immediately closed with a stopper. 100-250 ml of the sample is used for each determination. The content is shaken several times. The flask is then opened and the nature of the odor and its intensity are determined immediately organoleptically.

Another flask is also filled up with test sample at the volume of 100–250 ml. The neck of the flask is covered with glass. The flask is heated in a water bath to 60 °C, the contents are stirred gently by shaking, the flask is opened and the organoleptic character and intensity of the odor are immediately determined organoleptically.

Determination of tastes and aftertaste of water

Equipment, *thermometer for measuring water temperature;*
materials: *conical flasks; test tubes; water samples.*

Tastes and aftertastes are determined in points. Water, which aftertastes do not exceed 2 points, is called water without any aftertastes.

The determination is made with deliberately safe water at 20 °C. Water is collected in the mouth in small portions, without swallowing. The presence of taste (salty, bitter, sour, sweet) or aftertaste (alkaline, ferruginous, metallic, astringent, etc.) and their intensity are noted in points on a scale similar to the determination of the intensity of odor (see Table 1.1.3).

When the intensity of tastes and aftertastes is above 2 points the water consumption is limited of the reason that strong tastes and aftertastes can be indicators of water pollution by contaminated wastewater or indicate the presence of biologically active substances released by blue-green algae.

1.1.2 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER

The natural composition of water is characterized by the following indicators: dry residue, total hardness, pH, total alkalinity, cation and anion content: Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . The indicator of the presence of chemicals entering the water source with wastewater is the content in water: *Al, Be, Mn, Cu, polyphosphates Pb, Zn, Ag, V, radium-226, strontium-90, As, etc.* Iron is contained in pure natural waters, but it also enters water reservoirs with wastewater.

Table 1.1.3 — Intensity of odor of water

Odor intensity, score	Characteristic	Manifestation of odor
0	Odorless	No tangible smell
1	Very weak odor	Odor that is not noticed by the consumer, but determined by the consumer in the studies
2	Weak odor	Odor that is detected by the consumer
3	Notable odor	Odor that is easily detectable (water unpleasant for drinking)
4	Distinct odor	Odor that attracts attention, forcing to refrain from drinking and making water unsuitable for drinking
5	Very strong odor	Odor is so strong that it makes the water completely unusable

Determination of the composition and properties of water by the hydrogen index (pH)

Equipment, materials:

laboratory ionometer, or pH meter; mercury thermometer with centigrade scale; glass beakers with a capacity of 50 ml; paper filters; water samples.

The hydrogen index, or the active reaction of the medium (pH), characterizes the activity or concentration of hydrogen ions in solutions and is a negative decimal logarithm of hydrogen ion concentration:

$$pH = -\lg[H^+]$$

According to the classical theory of electrolytic dissociation, the multiplication of the concentration of hydrogen and hydroxyl ions at a certain temperature is a constant value — the dissociation constant:

$$[H^+] \times [OH^-] = K_w,$$

(at temperature of 20°C K_w is equal to 10^{-14}).

The neutrality of water and aqueous solutions is characterized by the equality of the concentrations of hydrogen and hydroxyl ions,

- at $[H^+] > 10^{-7}$, $[OH^-] < 10^{-7}$ solutions have an acidic reaction;
- $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ at — neutral reaction;
- at $[H^+] < 10^{-7}$, $[OH^-] > 10^{-7}$ — an alkaline reaction.

Accordingly, in acid solutions $\text{pH} < 7$, in neutral solutions $\text{pH} = 7$, in alkaline solutions $\text{pH} > 7$.

The hydrogen index plays an important role in determining the quality of water. In river freshwaters, its value usually ranges from 6.5 to 8.5; in atmospheric precipitation — from 4.6 to 6.1; in wading waters — from 5.5 to 6.0; in the ocean water — from 7.9 to 8.3; in mine and ore waters sometimes reaches 1.0; and in the water of soda lakes and thermal springs — 10.0. The concentration of hydrogen ions is subject to seasonal fluctuations — in winter the hydrogen index for most river waters is 6.8-7.4, in summer — 7.4-8.2.

The concentration of hydrogen ions is of great importance for the chemical and biological processes occurring in natural waters. The development and life activity of aquatic plants, the stability of various forms of migration of elements, the degree of water aggressiveness with respect to metals and concrete, etc. depend on the hydrogen index. Its magnitude is affected by: an increased concentration in water of humic acids (for example, in waters of a marsh nature susceptible to the hydrolysis of salts), «Flowering» of water bodies, pollution by their effluents from industrial enterprises and other factors.

The constancy of the pH , on which the various biological and physicochemical processes in the water depends, is maintained in natural waters by a hydrocarbonate buffer system consisting of water-soluble carbonic acid H_2CO_3 , hydrocarbonate HCO_3^- and carbonate CO_3^{2-} ions.

To determine the pH of water, special reagents, so called indicators, are used, as well as instruments — pH -meters with glass electrodes. Using a universal indicator paper, the pH -value can be determined to within 0.2-0.3 pH units. The pH of color solutions and suspensions cannot be measured by the indicator method.

Electrometric (potentiometric) method for determining the pH of water is highly accurate (up to 0.02) and allows to carry out the study in virtually any water, regardless of its color, turbidity, salt composition.

The method is based on measuring the potential difference that occurs at the boundaries between the outer surface of the glass membrane of the electrode and the solution under investigation, on the one hand, and the inner surface of the membrane and the standard solution, on the other. The internal standard solution of the glass electrode has a constant concentration of hydrogen ions, so the potential on the inner surface of the membrane does not change. The measured potential difference is determined by the potential arising at the boundary of the outer surface of the electrode and the solution under study. Limits of the linear dependence of the electrode potential on pH are due to the properties of the glass electrode. The glass electrode is used to measure pH from 1 to 12.7.

To measure pH, potentiometers (pH meters) of various grades can be used. The glass electrodes of these instruments are calibrated against buffer solutions.

The compounds of iron, hydrogen sulfide, arsenic, free chlorine, suspended matter and colloids do not influence the measurement of hydrogen ion concentration in natural waters. The pH value depends on the water temperature.

WORK PROGRESS

Determination of the composition and properties of water in terms of total, carbonate and hydrocarbonate alkalinity

Equipment, materials: *conical flask with a capacity of 250 ml (2 pcs.); pipette with a capacity of 100 ml; dropper (2 pcs.); 100 ml burette; water samples; HCl, 0.1N. solution; methyl orange, 0.03% solution; phenolphthalein, 0.1% solution.*

The alkalinity of water is caused by the presence of hydroxyl ions OH^- , and also the anions HCO_3^- , CO_3^{2-} , HS^- , $HSiO_3^-$, SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} and others, representing salts of a weak acid and a strong base.

Alkalinity of most natural waters depends mainly on the content of salts of carbonic acid (hydrocarbonates and carbonates). Therefore, only hydrocarbonate and carbonate alkalinity are usually distinguished. Some methods of treating water at a pH above 8.4 lead to the appearance of hydrated alkalinity.

WORK PROGRESS

Determination of total alkalinity is performed by titration and is based on the reaction of formation of neutral salts with titration of water with hydrochloric acid. The general alkalinity of water is caused by the presence of OH^- , $HCOO^-$, CO_3^{2-} ions.

Firstly, 100 ml of the test water should be pipetted and put into a 250 ml conical flask. Then 2-3 drops of phenolphthalein solution should be added. If a pink color appears, test water is titrated with 0,1N solution of hydrochloric acid before discoloration. Then 2-3 drops of a solution of methyl orange are added to the same sample and a titration of 0.1N solution of hydrochloric acid is continued till the transition of color from yellow to pink. The volume of 0.1N solution of hydrochloric acid consumed for titration with phenolphthalein is recorded, and the total volume of 0.1N solution of hydrochloric acid consumed for all titration is also recorded.

The total alkalinity A_{total} (mg-eqv/dm³) of water is calculated according to the formula:

$$A_{total} = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2}$$

where V_1 is the total volume of hydrochloric acid solution consumed for titration of the volume of test water, ml; V_2 is the volume of test water, ml; N is the normality of the hydrochloric acid solution.

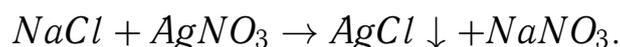
For each sample, total alkalinity is determined 2 times.

Determination of the composition and properties of water by chloride content

Equipment, materials: *conical flasks (250 ml); pipettes (10 ml); cylinders dimensional (100 ml); burettes for titration; distilled water; 0,01N solution of AgNO₃ (dissolve 1.6987 g of AgNO₃ in 1 liter of distilled water); 0.01N NaCl solution (prepared from fixanal); 5% solution of K₂CrO₄; water samples.*

High solubility of chlorides explains their wide distribution in all natural waters. In flowing reservoirs the chloride content is usually small (20-30 mg/dm³). Uncontaminated groundwater in places with non-saline soil usually contains up to 30-50 mg/dm³ of chloride. In waters filtered through salted soil, in 1 dm³, hundreds and even thousands of milligrams of chlorides can be contained. Water containing chlorides at a concentration of more than 350 mg/dm³ has a salty flavor, and at a chloride concentration of 500-1000 mg/dm³ adversely affects gastric secretion. Increased chloride content is an indicator of pollution of underground and surface water sources and sewage. The determination of chlorides is carried out by the method of Mohr.

The principle of the Mohr method is based on the precipitation of chlorides with silver nitrate $AgNO_3$ in the presence of potassium chromate K_2CrO_4 . In the presence of chlorides in the solution, $AgNO_3$ binds to them, and then forms an orange-red silver chromate:



WORK PROGRESS

Firstly, the titer of $AgNO_3$ is set. For this, 10 ml of $NaCl$ solution and 90 ml of distilled water are introduced into a conical flask with a capacity of 250 ml, 5 drops of K_2CrO_4 are added. The content of the flask is titrated with $AgNO_3$ solution before the transition of the lemon-yellow color of the

turbid solution into the orange-red solution, which does not disappear for 15-20 seconds.

The correction factor for the titer of $AgNO_3$ is calculated from the results of three titrations:

$$K = \frac{30}{P_1 + P_2 + P_3},$$

where P_1, P_2, P_3 – the volume of $AgNO_3$ used for each of the three titrations, ml.

With a chloride content of less than 250 mg/dm^3 , 100 ml of filtered test water are taken. With a higher content of chlorides, 10-50 ml of filtered test water are taken. The test water is poured into two conical flasks, brought to 100 ml with distilled water, 5 drops of K_2CrO_4 solution are added. The solution in one flask is titrated with $AgNO_3$, and the second flask is used for monitoring.

The content of chlorides in water is calculated according to the formula:

$$X = \frac{P \cdot K \cdot 0.355 \cdot 1000}{V},$$

where X is a chloride content, mg/dm^3 ; P is the amount of $AgNO_3$ solution spent on titration, ml; K is the correction factor to the titer; 0.355 – equivalent amount of chlorine corresponding to 1 ml of 0.01N solution of $AgNO_3$, mg; V is the volume of the test sample, ml (dm^3).

For each sample, chlorides are measured 2 times.

Determination of the composition and properties of the water in terms of total hardness

Equipment, materials: burette (1 pc.); pipettes: 15 ml (1 pc.), 100 ml (1 pc.); conical flask 250 ml (1 pc.); dropper (1 pc.); measuring cylinder 100 ml (1 pc.); Trilon B solution $\approx 0.05N$; $MgSO_4$ solution 0.05N; ammonia buffer solution ($NH_4OH + NH_4Cl$); indicator chromogen black; water samples.

Water hardness is its natural property, caused by the presence of calcium ions Ca^{2+} and magnesium Mg^{2+} in its composition.

There are *general, carbonate and non-carbonate hardness of water*.

The total hardness (H_{total}) is the sum of the carbonate and non-carbonate hardness of water.

Carbonate hardness (H_{carb}) is the hardness of water, caused by the presence of hydrocarbonates and carbonates of calcium ($Ca(HCO_3)_2, CaCO_3$) and magnesium ($Mg(HCO_3)_2, g_3$) in its composition.

Often carbonate hardness is called *temporary*, because slightly soluble calcium carbonate $CaCO_3$ and magnesium hydroxide $Mg(OH)_2$ (the latter is formed when alkalizing water containing magnesium carbonate) are easily eliminated from the water during boiling.

Non-carbonate hardness ($H_{noncarb}$) is characterized by the presence of chlorides, sulphates, and other non-carbonate salts of calcium and magnesium ($CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_4$, $CaSiO_3$, $MgSO_4$, $MgSiO_3$, etc.) in water.

Non-carbonate hardness is sometimes called *constant*, because highly soluble non-carbonate salts of calcium and magnesium, that determine non-carbonate hardness, are not removed from the water even during boiling.

Knowing the total and carbonate hardness, non-carbonate hardness is calculated by the formula:

$$H_{noncarb} = H_{total} - H_{carb}.$$

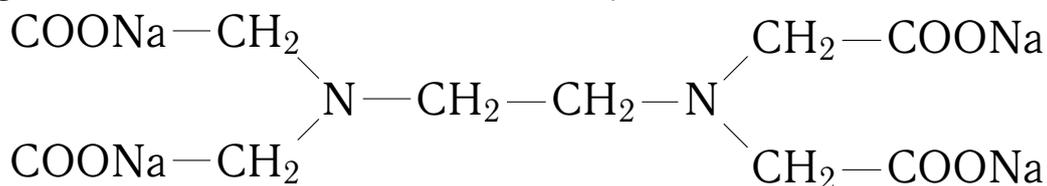
Water with a total hardness of up to 3.5 mg-eqv/dm³ is called *soft*; from 3.5 to 7 mg-eqv/dm³ — *medium hardness*, 7 to 10 mg-eqv/dm³ — *hard*, more than 10 mg-eqv/dm³ — *very hard*.

Water with a hardness of more than 10 mg-eqv/dm³ often has an unpleasant taste. A sharp transition when used from soft to hard water, and sometimes vice versa, can cause dyspepsia to people.

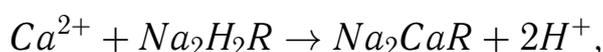
The condition of patients with kidney stone disease worsens when using very hard water. Hard water contributes to the appearance of dermatitis. With increased intake of calcium in the body with drinking water on the background of iodine deficiency, there is often a goiter disease. For drinking purposes, medium hardness water is preferred, for household and industrial purposes soft water is preferred.

On this basis, the total hardness for water not subjected to special treatment is set at 7 mg-eqv/dm³.

Trilonometric method is used to determine the total hardness. The main working solution is *trilon B* — disodium ethylenediaminetetraacetic acid:



The determination of the total content of calcium and magnesium ions is based on the ability of *trilon B* to form strong complex compounds with these ions in an alkaline medium, replacing free hydrogen ions by the cations Ca^{2+} and Mg^{2+} .



where R is the ethylenediaminetetraacetic acid radical. As an indicator, chromogen black is used, which gives a wine-red compound with Mg^{2+} ,

with the disappearance of Mg^{2+} it acquires a blue color. The reaction proceeds at $pH \approx 10$, which is achieved by adding an ammonia buffer solution ($NH_4OH + NH_4Cl$) to the sample. First of all, calcium ions are bound, followed by magnesium.

Copper ions ($> 0.002 \text{ mg/dm}^3$), manganese ($> 0.05 \text{ mg/dm}^3$), iron ($> 1.0 \text{ mg/dm}^3$), aluminum ($> 2.0 \text{ mg/dm}^3$) interfere with the determination.

WORK PROGRESS

1. *Determination of the normality of Trilon B* is carried out according to the standard 0.05 N solution of $MgSO_4$. 15 ml of a 0.05 N $MgSO_4$ solution are pipetted into the conical flask, 85 ml of distilled water (up to 100 ml with a measuring cylinder) are added, 5 ml of ammonia buffer solution and 5 drops of black chromogen indicator are added, followed by slow titration with vigorous shaking with a solution of *trilon B* ($\approx 0.05 \text{ N}$).

The sample is titrated until the appearance of a blue color from one adhered drop of *trilon B*, which indicates the disappearance of Mg^{2+} ions.

The further addition of *trilon B* does not change the blue color of the solution, so the gradual change in color from the wine red through the transitional colors (violet, dirty blue) to blue should be carefully monitored.

Titration is carried out twice. The correction factor to the normality of *Trilon B* is calculated by the formula:

$$K = \frac{n_{ml}(MgSO_4)}{n_{ml}(TrilonB)}$$

2. *Determination of the total hardness of the sample.*

100 ml of test water are measured into the conical flask, 5 ml of ammonia buffer solution and indicator (in the same amount as in the determination of the correction factor) are added, followed by slow titration with intensive stirring with a solution of *trilon B* till the transitional stain. The definition is repeated and the average result is taken.

The calculation of the total hardness (H_{total}) mg-equiv/dm^3 is carried out according to the formula:

$$H_{total} = \frac{n \cdot N \cdot K \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}, \text{ ml}$$

where n is the amount of *Trilon B* consumed for titration, ml; N is the normality of *Trilon B*; K is the correction coefficient to the normality of *Trilon B*; V_1 — the volume of a solution of *Trilon B* for titration of a water sample, ml; V_2 is the volume of the sample, ml.

Turbid waters should be pre-filtered, acidic waters should be neutralized with alkali.

1.1.3 DETERMINATION OF INDICATORS CHARACTERIZING THE EPIDEMIOLOGICAL SAFETY OF WATER

The indicators characterizing the epidemiological safety of water are divided into two subgroups:

1 subgroup — *sanitary and microbiological indicators*;

2 subgroup — *sanitary and chemical indicators*.

The first subgroup includes: *microbial number, coli-index, coli-titer, presence of pathogenic bacteria and viruses*.

The *microbial number* is the total number of colonies growing for 24 hours at a temperature of 37°C when 1 cm³ of water is tested, 1.15% meat-peptone agar.

The *coli-index* shows the number of colon bacillus (*Escherichia coli*) in 1 ml of water.

Coli-titer is the least amount of water in which at least one *E. coli* is found. Long-term experience has shown that water is epidemiologically safe if its coli-index is not higher than 3.

Sanitary-microbiological indicators are the main indicators of the epidemiological safety of water. *Sanitary and chemical indicators* refer to indirect indicators. These indicators characterize the presence of organic substances or products of their decomposition (*permanganate and bichromate oxidizability, biochemical oxygen consumption, the presence of nitrogen-containing substances in water*). To determine them, various chemical methods are used.

Permanganate and bichromate oxidizability indicate the amount of oxygen in the oxidants (acid solutions of permanganate or potassium dichromate) spent on the oxidation of dissolved organic matter.

Biochemical oxygen demand (BOD) is the amount of dissolved oxygen consumed to oxidize organic matter under the action of microorganisms over a certain period of time.

The presence of nitrogen-containing substances in water: in natural waters of the land, nitrogen compounds are found in both mineral and organic forms. The mineral forms include ammonium ions NH_4^+ , nitrites NO_2^- , nitrates NO_3^- . Organic forms are represented by low molecular weight compounds (amino acids, amines, urea, etc.). The concentration of nitrogen in the surface waters of the earth varies from hundreds of micrograms to up to milligram units per dm³.

Salts of ammonium, nitrous and nitric acid, chlorides can be in the water of reservoirs as products of decomposition of organic residues, feces and urine. Infectious agents can enter the reservoir with them, therefore these substances are indirect indicators of the epidemiological danger of water. The presence of pollution, its prescription or the permanence of the inflow of contaminants into

the reservoir are judged from the amount of nitrogen-containing compounds and their ratio.

Thus, the presence in water only of ammonium salts with the appropriate bacteriological data is an indicator of fresh organic contamination of the water source; presence of nitrogenous and nitric acid salts in water in the absence or traces of ammonium salts is an indicator of the self-purification of water that is coming to an end; the presence in the water of the entire triad of nitrogen-containing substances is an indicator of the constant contamination of the reservoir by organic substances.

But it is necessary to take into account the possibility of the natural content of these compounds in the water or their entry with plant residues. In this case, dynamic observations of the composition of water are of great importance. The degree of organic contamination of water can be judged from the water oxidation value. High oxidability or sharp fluctuations of it (outside the season) may indicate a constant supply of organic anthropogenic pollution in the reservoir.

Formalization of research results

The data of all the studies carried out to determine the quality indicators of the test water samples are tabulated in Table 1.1.4.

THE TASK

Determine the quality of the test water samples by the indicators of groups A and B. Evaluate the suitability of sources for domestic and drinking water supply, using the data of the conducted studies of water samples (Table 1.1.4). Indicate the causes of the appearance in the water of pollutants and methods of monitoring their content in water.

CONTROL QUESTIONS

- 1) How is the hydrosphere contaminated?
- 2) What are the features of studying the abiotic factors of aquatic ecosystems?
- 3) How is water sampling carried out? List the types of water samples.
- 4) What are the groups of water quality indicators? What are the characteristics and properties of water?
- 5) What are the organoleptic properties of water and the features of their determination?
- 6) What are the chemical characteristics of water quality and the specifics of their determination?

- 7) Name the indicators that characterize the epidemiological safety of water, and the specifics of their definition.

REFERENCES

- 1) Denisova S.I. Field practice in ecology: Tutorial — Minsk: Universitetskaya, 1999. — 120 pages.
- 2) Strokach P.P., Kulskij L.A. Practicum on the technology of natural water treatment: Tutorial — Minsk: Higher School, 1980. — 320 pages.
- 3) Fedorova A.I., Nikolskaya A.N. Practicum on ecology and environmental protection: Tutorial for the students of HEIs. — Moscow: Humanitarian publishing center VLADOS, 2001. — 288 pages.
- 4) Yalovaya N.P., Strokach P.P. Ecology and hydrochemistry. Glossary — guide: reference guide. — Brest: BrSTU, 2002. — 244 pages.

Table 1.1.4 — Characteristics of abiotic factors in the aquatic environment

No. in order	Abiotic factor	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3	Sample No. 4	Sample No. 5
1	2	3	4	5	6	7
1	Temperature, °C					
2	Transparency, cm					
3	Sediment: -quantity assessment -quality assessment					
4	Chromaticity, degrees					
5	Odor, point					
6	Intensity of odor, point					
7	Taste					
8	Intensity of taste, point					
9	Aftertaste					
10	Intensity of aftertaste, point					
11	pH of water, mg-equiv/dm ³					
12	Total alkalinity, mg-equiv/dm ³					
13	Chlorides, mg/dm ³					
14	Total hardness, mg-equiv/dm ³					

1.2 INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENOUS ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE STABILITY OF BIOTA

Objective: to establish the threshold of damage to living cells from extreme temperatures, to study the action of heavy metal salts on animal and vegetable proteins, to reveal the difference in their stability.

GENERAL INFORMATION

Life on Earth was formed under the influence of environmental conditions. The latter is a union of energy, material bodies, phenomena that are in interaction (direct and indirect). This concept is very extensive: from the cosmic impacts of the universe on the solar system, the influence of the sun, as the main source of energy, on terrestrial processes to the direct effects of the environment (including man) on a single individual, population, community. The concept of environmental conditions includes components that do not affect or have little effect on the vital activity of organisms (inert gases of the atmosphere, abiogenic elements of the earth's crust) and those that significantly affect the vital activity of the biota. They are called environmental factors (light, temperature, water, air movement and its composition, soil properties, salinity, radioactivity, etc.). Environmental factors act together, although in some cases one factor prevails over others and is the determining factor in the responses of living organisms (for example, the temperature in the Arctic and subarctic zones or deserts).

All environmental factors are perceived by different kinds of organisms in different ways. However, all actions pass through cells and their components, intercellular and tissue interactions are expressed in certain reactions of changes in metabolism, functions and, ultimately, morphological changes in organisms and their communities. A large role in the perception of environmental factors is played by cell membranes, cytoplasm and various organelles.

The actions of stressful environmental factors are expressed in the alteration or disruption of the structures of cells, tissues and physiological functions of the whole organism, populations, communities. These changes are determined by the strength and nature of the action of the factor itself, and the stability of the organism. In this laboratory work, it is proposed to conduct studies on the effect of environmental factors on the cell and organism: abiotic (high temperatures) and anthropogenic (heavy metal salts). The influence of factors is expressed in the change in the permeability of the integumentary leaf tissues (with acid penetration, at high temperatures), changes in the cell

components (plasmolysis, chlorophyll destruction, *pheophytinization*¹, protein coagulation), and in disturbance of the vital functions of individual plant organs (leaves, shoots).

When using salts of heavy metals, are used their concentrations, which can be rarely found in nature, however, in laboratory experiments, an increase in concentration several times (up to 10) is generally accepted, otherwise the effect turns out to be fuzzy.

1.2.1 DETERMINING RESISTANCE OF PLANTS TO HIGH TEMPERATURES

Equipment, *water bath; thermometer; tweezers; Petri dishes (5 pcs.); A glass with water; Thin wire; Glass pencil;*
reagents,
materials: *0.2 N hydrochloric acid HCl solution; Fresh leaves of woody plants.*

Temperature is one of the main environmental factors on Earth. It varies in a wide range depending on natural zones and specific conditions (volcanic activity, hot springs, heat release by power plants, etc.). Different types of plants differ in this factor. Thus, *C₄ plants*² withstand higher temperatures than *C₃ plants*³. Within the latter group there are also great differences.

The work is carried out with a group of woody or indoor plants of various species found in planting plantings of a given locality or premises. This makes it possible to build a number of plant species in terms of the degree of resistance to high temperatures, to identify the most stable ones, which is very important for creating planting greenery zones of enterprises, street planting in areas with hot summers or planting greenery. In this regard, students are given the task to bring 5–6 fresh leaves from various tree species or houseplants, wrapping the ends of petioles in wet cotton wool, foil, and placing all the leaves in cellophane (houseplants are used as a last resort). The principle of the method was proposed by F.F. Maikov and is based on establishing the threshold of damage to living cells from extreme temperatures. If the leaves are exposed to heat and then immersed in a weak solution of hydrochloric acid, the damaged and dead cells will become ripe due

¹**Pheophytinization** — Change of color from green to brown. Feofitin — the oxidized form of chlorophyll, it is formed by the action of acids (for example, acid rains). In this case, in the chlorophyll molecule, magnesium is replaced by hydrogen, which leads to a change in color and loss of optical properties.

²**C₄ plants** — Plant organisms in which products of carbon dioxide CO₂ fixation are four-carbon organic acids and amino acids. These are mainly tropical plants: corn, sorghum, sugar cane, etc., and a number of cereal plants of temperate latitudes. Such plants are characterized by a very high intensity of photosynthesis, they are resistant to high temperatures (optimum temperature is +35 — +45 °C, maximum is +45 — +60 °C), water is used efficiently, stressful situations (drought, salinization) are well tolerated, are characterized by an increased intensity of all physiological processes, which determines their very high biological and economic productivity.

³**C₃ plants** — Most of the plants of the Earth, carrying out C₃ — the way of fixing CO₂ in the process of photosynthesis, resulting in the formation of three-carbon compounds (glucose, etc.). These are mainly plants of temperate latitudes, the optimum temperature of which is +20 — +25 °C, and the maximum is +35 — +45 °C

to the free penetration of the acid in them, which will cause the chlorophyll to turn into pheophytin (brown color), while the intact cells will remain green. In plants that have acidic cell sap, pheophytinization can occur without treatment with hydrochloric acid, because in violation of the semipermeability of tonoplast organic acids penetrate from the cell sap into the cytoplasm and displace magnesium from the chlorophyll molecule.

It is better to do this work during the first half of the vegetation, when there is no natural destruction of chlorophyll in tree species. In the period of forced rest (February-April), the leaves can be obtained by warming the branches in warm water and further opening the leaves in water at room temperature. A set of leaves of different types of indoor plants can also be used.

WORK PROGRESS

Before the session, the water bath is heated to 40 °C. At the beginning of the lesson, a bundle of leaves from the investigated plants is dipped into it (5-6 leaves of each object under study), having fastened the petioles with a wire. The leaves are left in the water for 30 minutes, maintaining the temperature at 40 °C. Then the first test is taken: one sheet of each plant species is torn off and put in a petri dish with cold water. After cooling, the leaves are taken with tweezers, transferred to a plate with hydrochloric acid *HCl* and left for 30 minutes.

Simultaneously, the temperature in the water bath is raised to 50 °C and after 10 minutes one more sheet is extracted from it, repeating the operation and transferring the leaves cooled in water to a new Petri dish with *HCl*.

Thus the temperature is gradually brought to 80 °C, taking samples every 10 minutes, with an increase in temperature by 10 °C. 20 minutes after placing the leaves in the *HCl* immersion, the degree of damage is determined by the number of brown spots.

Formalization of research results

The results of the studies on different wood or houseplants are to be recorded in Table 1.2.1, marking the lack of brown streak with the «-» sign, weak brown streak with «+», brown streak on more than 50% of the leaf area with «++» and with «+++» solid brown streak.

Table 1.2.1 — Effect of temperature on plant resistance

No.	Name of the object	The degree of leaf damage				
		40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
1						
2						
3						

TASK

Make a scale of the heat resistance of wood or house plants by its decrease. Make appropriate conclusions about the resistance of different plant species to high temperatures as one of the abiotic environmental factors.

1.2.2 INFLUENCE OF THE SALTS OF HEAVY METALS ON COAGULATION OF VEGETABLE AND ANIMAL PROTEINS

Equipment, reagents, materials: Test tubes (16 pcs.); Bottles that contained penicillin (8 pcs.), a glass (1 pc.); Pipette 1 ml (1 pc.); Pharmacy pipette (2 pcs.); Glass; filter paper; 5% solution of CuSO_4 ; 5% solution of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ distilled water; Animal protein (chicken egg); Vegetable protein (cereal pea).

This laboratory work clearly shows the action of salts of biogenic and non-biogenic heavy metals on animal and plant proteins, reveals a difference in the reaction of both. Proteins with heavy metals form complexes insoluble in water, i.e. are *coagulated*⁴.

In order to conduct research, solutions of animal and vegetable proteins are prepared:

- animal protein solution: the protein of the chicken egg is separated into a measuring cup, stirred with a glass rod in distilled water at a ratio 1:10, then filtered;
- vegetable protein solution: ripe grain peas milled into flour in a coffee grinder, diluted in a ratio of 10 g of pea flour in 50 ml of a 10% solution of NaCl or KCl , then filtered.

The bottles that contained penicillin a series of solutions of copper sulfate CuSO_4 and lead $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ from the initial 5% solutions are prepared: 2.5%; 1.25%, 0.62%.

⁴**Coagulation** — the process of coarsening of colloidal and some coarser dispersed systems, caused by a violation of their steady state. In the process of coagulation colloid particles stick together, increase to such a size that they lose their colloidal properties and drop out as a precipitate or turn into gelatinous gels.

Table 1.2.2 — The nature of protein coagulation

Salt	The concentration of the salt solution			
	5%	2.5%	1.25%	0.62%
a) Effect of salts on animal protein				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				
b) Effect of salts on vegetable protein				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				

1 ml of animal protein is added with pipette in 8 tubes, and in the other 8 — 1 ml of vegetable protein (all tubes are labeled with the appropriate number).

In each tube add 2 drops of one of these solutions of the test salts: $CuSO_4$ — 5%; 2.5%; 1.25%; 0.62% and $Pb(NO_3)_2$ — 5%; 2.5%; 1.25%; 0.62%. The character of the coagulation is considered on a dark background (a piece of black paper, a board, etc.).

Formalization of research results

The carried out researches make out in the form of the table 1.2.2.

TASK

Determine the concentration of the salt solution at which the protein coagulates (with different salts and with different types of proteins). In the conclusion, reflect the answers to the following questions:

- 1) With which of the types of proteins (animal or vegetable) is most active:
 - a) $CuSO_4$;
 - б) $Pb(NO_3)_2$?
- 2) Which salt (lead or copper) is most active with:
 - a) animal protein;
 - б) vegetable protein? Why?

TEST QUESTIONS

- 1) What is meant by the terms «environment» and «environmental conditions»?
- 2) How do living organisms prove themselves under the influence of environmental factors?
- 3) Characterize C_3 - and C_4 -plants.

- 4) Why are thermo-resistant species of plant organisms detected?
- 5) Give an explanation of the concept «coagulation».

REFERENCES

- 1) Fedorova A.I., Nikolskaya A.N. Practicum on ecology and environmental protection: Tutorial for the students of HEIs. — Moscow: Humanitarian publishing center VLADOS, 2001. — 288 pages.
- 2) Yalovaya N.P., Stokach P.P. Ecology and hydrochemistry. Glossary — guide: reference guide. — Brest: BrSTU, 2002. — 244 pages.

1.3 BIOINDICATION OF POLLUTION OF ENVIRONMENTAL SYSTEMS

Objective: to get acquainted with the method lichenoidication pollution, to assess the combined effect of industrial emissions in the study area by the presence, abundance and diversity of species of lichen.

GENERAL INFORMATION

Bioindication is a method applied for detecting and assessing the effects of abiotic and biotic factors on living organisms using biological systems.

Living organisms to some extent react to changes in the environment. In some cases, this can not be detected by physical or chemical methods because the permitting capabilities of instruments or chemical analyzes are limited. By these methods, for example, the effect of biological accumulation of individual toxic substances in plant and animal organisms can be detected. Sensitive organisms-bioindicators react not only to small doses of the environmental factor, but also provide an adequate response to the effect of a complex of factors, revealing *synergism*¹, *emergence*², *inhibition*³.

There are two main methods of bioindication: *passive* and *active*. Using a *passive method*, visible or unnoticeable lesions and abnormalities that are signs of adverse effects are examined. *Active monitoring* is used to detect the response of the organisms most sensitive to this factor (biotesting). It can be one factor (sulfur dioxide), or a multicomponent mixture (vehicle exhaust).

Bioindication can be carried out at the level of macromolecules, cells, organisms, populations, communities and ecosystems.

There is a *specific* bioindication (response to only one factor) and nonspecific (the same reaction to many factors). Sensitive bioindicators can be separate processes in the cell and the body, as well as morphological changes.

In order of increasing tolerance⁴ to pollution, the plant organisms are ranged as follows: fungi, lichens, conifers, herbaceous plants, deciduous trees. Among the crops, salad, alfalfa, cereals, crucifers are the most sensitive, and corn, grapes, rosaceous, plantain are referred to insensitive species. These grades are not the same for all types of pollutants in the environment. Their impact is different and the identification of specific bioindicators on different

¹**Synergism** — joint action or summation of the components of the whole.

²**Emergence** — the system has a whole has new special properties that are not inherent in its parts (the whole is greater than the sum of its parts). For example, hydrogen and oxygen, joining in a certain ratio, form water, a liquid that is not similar to the properties of the source gases, thus, the parts are integrated, causing the appearance of unique properties. The principle of emergence is taken into account in carrying out environmental expertise and environmental prediction.

³**Inhibition** — deceleration of life processes (growth, metabolism).

⁴**Tolerance** — resistance of the organism to the action of the ecological factor.

factors gives the method itself a new scientific aspect that makes it possible to make it more accurate and informative.

Lichen indication of air pollution

Basic informative bioindicators of the state of the air environment and its changes are lower plants: mosses and lichens, which accumulate in their thallium many contaminants (sulfur, fluorine, radioactive substances, heavy metals). Lichens are very undemanding to environmental factors, they settle on bare rocks, poor soil, tree trunks, dead wood, but for their normal functioning they need clean air. They are particularly sensitive to sulphurous gas. The slightest pollution of the atmosphere, which does not affect most plants, causes a massive loss of sensitive lichen species. They disappear as soon as the concentration of sulfur dioxide reaches 35 billion^{-1} (its average content in the atmosphere of large cities is over 100 billion^{-1}). It is therefore not surprising that most lichens have already disappeared from the central zones of the cities. They are also selectively acted by substances that increase the acidity of the environment (O_2 , O_3 , H_2 , HCl , N_2). Heavy metals (Pb , Zn , Cu), that are being accumulated in the thallium in significant quantities, and natural and artificial radioactive isotopes are relatively harmless for lichens. Lichens are used for *bioindication*⁵ of changes in anthropogenic pollution of the environment in space and *biomonitoring*⁶ of changes in anthropogenic pollution of the environment in time. With the help of lichens, it is possible to evaluate the complex effect of industrial emissions in the area under investigation.

The research area of biomonitoring of the state of the air environment with the help of lichens is called *lichen indentation*.

Lichens are a symbiosis of algae and fungus. They are sensitive to environmental pollution for the following reasons:

- 1) Lichens have not impermeable cuticle, so that the exchange of gases occurs freely through their entire surface.
- 2) Most toxic gases are concentrated in rainwater, and lichens absorb water by all the thallus, unlike flowering plants that absorb water mainly by roots.
- 3) Most flowering plants in our latitude are active only in the summer, when the level of pollution with sulfur dioxide is much lower (due to the reduction of coal combustion in the furnaces — the main source of sulfur dioxide gas), while lichens have the ability to grow at temperatures below 0°C .

⁵**Bioindication** — the use of particularly sensitive organisms to detect contaminants or other agents in the environment.

⁶**Biomonitoring** — tracking the quality of all environmental components and the state of biological objects.

In contrast to flowering plants, lichens are able to get rid of toxic parts of their thallus every year. In cities with a polluted atmosphere, they are rare, the main enemy of lichens in cities is sulfur dioxide. It is known that the higher the level of pollution of the natural environment with sulfur dioxide, the more sulfur accumulates in the thallus of lichens, and the living thallus accumulates sulfur from the medium more intensively than the dead one. Especially suitable are lichens as bioindicators of small environmental pollution. The most sensitive symbiont in the thallus of lichens is algae.

In the world there are about 26 thousand species of lichens. They differ in the zones of growth (tundra, forest zone, etc.), types of substrata (stones, rocks, trunks and branches of trees, soil). In lichens growing on trees, the species composition differs depending on the active reaction of the medium (pH) of the cortex. Lichens disappear, first of all, from trees that have acid bark (birch, conifers), then from trees with neutral bark (oak, maple) and, most recently, from trees that have a slightly alkaline bark (chinese elm, Siberian pea shrub). In lichen types of forests, dominate bushy lichens (*Cladonia*, *Cetraria*), like a long beards hangs from the branches of trees *Usnea*, which is the most sensitive spice and grows only in forests with clean atmosphere.

Among the life forms of lichens are distinguished:

- 1) *Crustaceous* (thallus looks like crusts) — for example, *Bacidia fiscia*.
- 2) *Phylliform* (thallus looks like plates) — for example, *Parmelia*, *Hypogynium*.
- 3) *Dumetose* (thallus looks like bushes or hanging «beards», sometimes up to 1–2 m long) — for example, *Usnea*, *Bryoria*, *Cladonia*, *Cetraria*.

The most susceptible to air pollution are crutaceous and dumetose lichens (they disappear completely), least — phylliform.

Lichens (especially *Bryoria*, *Parmelia*, *Usnea*) are the food for a number of animals (roe deer, deer), and *Cladonia* is the main food for the reindeers. The destruction and disappearance of lichen cover due to pollution of the territory under the influence of industry and transport violates the main food chains and leads to the disappearance of a number of animals (especially deers).

WORK PROGRESS

Equipment, materials: *Herbarium of lichens species diversity; Ruler (100 cm).*

In this laboratory work, it is proposed to carry out bioindication of the territory with the help of lichens in order to collect information on atmospheric air pollution with sulfur dioxide.

2–3 km long transect is conveniently placed perpendicular to the busy road adjacent to woodland consisting of a small variety of wood species (e.g. pine with an admixture of birch and oak forests with an admixture of maple).

Transect is divided into sections:

- 1) by the road;
- 2) in 100 m;
- 3) in 300 m;
- 4) in 500 m;
- 5) in 1000 m;
- 6) in 2000–3000 m away from the road.

Each section is divided into squares of a certain size 20x20 m, 50x50 m or 100x100 m (depending on the plants space).

On each square the following parameters are taken into account:

- 1) Total number of lichen species;
- 2) Degree of coverage by thallus of lichens of each tree;
- 3) Frequency (occurrence) of each species;
- 4) Abundance of each species.

Mapping lichens on small squares gives an opportunity to assess the air condition and indicate the location of emission sources. In this case both the *quantitative indicators* (the percentage of covering by thallus of each species or selected species of the trunk surface, the size of the thalli, the proportion of damaged thalli, etc.) and the *qualitative criteria* (presence or absence of certain species of lichens, changes in their composition, etc.). To assess the degree of coverage, unincorporated, stand-alone trees are selected at which, at an altitude of 30–150 cm, the lichens over the most overgrown part of the cortex are taken into account. Comparable results can be obtained if the different types of trees are examined, and then the average degree of coverage for each square under survey is calculated.

The frequency of occurrence of lichens and the degree of coverage or substrate can be estimated as follows (Table 1.3.1).

Table 1.3.1 — Grading frequency and degree of coverage

Estimation	Frequency of occurrence	Degree of coverage
1	Very rare	Very low
2	Rare	Low
3	Moderate	Medium
4	Frequent	Large
5	Very frequent	Very large (occurs on most trees)

Lichen indication can be carried out *by active monitoring*. Its essence lies in the fact that the effect of pollutants is determined by the nature of the reaction of transplanted from the «clean» habitats of lichen thallules. For this purpose, it is best to use wooden planks with round grooves in which lichens

are fixed with a steel rod. After this, the finished structure is exposed in the surveyed area with the observance of as many identical conditions as possible (exposure, altitude, etc.). If necessary, fragments of lichen can be assessed both for external lesions (discoloration of leafes, discoloration of blades, etc.) and physiological and biochemical indicators.

Formalization of research results

The results of observations and research are recorded in Table 1.3.2.

Table 1.3.2 — Assessment of air pollution by the lichen indication

Description of the site of the square surveyed	No. of the tree covered with lichens thallus	The area covered by thallus lichens at altitude 30–150 cm, %	Presence (+) or absence (-) of lichens		
			Dumetose	Crustaceous	Phylliform

TASK

Using the method of lichen identification, assess the state of atmospheric air in the area under study. After dividing the surveyed transect into squares, analyze the territory, taking into account the following parameters: 1) the total number of lichen species; 2) the degree of coverage of the lichen thalli of each tree; 3) the frequency (occurrence) of each species; 4) the abundance of each species.

Draw a conclusion about the general pollution of atmospheric air and its contamination with sulfur dioxide, using tables 1.3.3 and 1.3.4.

Lichen indication does not provide accurate quantitative information on the level of air pollution. It should be borne in mind that a number of species die already at low pollutant concentrations, often not reaching the established sanitary standards. The disappearance of lichens is a signal of the imminent danger to the environment.

Table 1.3.3 — Lichenoindication of the air pollution

Zone	Pollution	Presence (+) or absence (-) of lichens		
		Dumetose	Crustaceous	Phylliform
1	No	+	+	+
2	Fair	-	+	-
3	Medium	-	-	+
4	Heavy (lichen desert)	-	-	-

TEST QUESTIONS

- 1) What is bioindication and lichen indication?
- 2) Name the life forms of lichens.
- 3) How is active monitoring carried out in lichen indication?
- 4) How is air contamination determined by lichen indication?

REFERENCES

- 1) Bioindication of terrestrial ecosystem pollutions / Edited by R. Shubert. — Moscow, 1998.
- 2) Denisova S.I. Field practice in ecology: Tutorial — Minsk: Universitetskaye, 1999. — 120 pages.
- 3) Odum Y. Bases of Ecology. — Moskow: Higher School, 1975.
- 4) Fedorova A.I., Nikolskaya A.N. Practicum on ecology and environmental protection: Tutorial for the students of HEIs. — Moscow: Humanitarian publishing center VLADOS, 2001. — 288 pages.
- 5) Yalovaya N.P., Strokach P.P. Ecology and hydrochemistry. Glossary — guide: reference guide. — Brest: BrSTU, 2002. — 244 pages.

Table 1.3.4 — Influence of environmental pollution on the occurrence of lichens

Pollution zone	Assessment of the occurrence of lichens	Air pollution by sulfur dioxide, mg/m ³	Pollution assessment
1	There are no lichens on trees and stones	More than 0.3–0.5	Heavy pollution
2	There are no lichens on trunks of trees and on the stones. On the northern side of the trees and in the shady places there is a greenish plaque of the <i>Pleurokokus</i> algae	About 0.3	Quite heavy pollution
3	On the trunks and at the base of the trees appear gray-green hard crustaceous lichens <i>Lecanora</i> , <i>Phycia</i>	From 0.05 to 0.2	Medium
4	Development of crustaceous lichens — <i>Lecanora</i> and others, algae <i>Pleurokokus</i> , phylliform lichens appear (<i>Parmelia</i>)	Under 0.05	Fair
5	Dumetose lichens appear (<i>Evernia</i> , <i>Usnea</i>)	Low content	The air is very clean

1.4 QUALITATIVE RECOGNITION OF MINERAL FERTILIZERS AS POSSIBLE POLLUTANTS OF SOILS AND AGRICULTURAL PRODUCTS

Objective: learning to conduct qualitative recognition of mineral fertilizers as possible pollutants of the *pedosphere*¹ and agricultural products.

GENERAL INFORMATION

Incorrect and excessive application of mineral fertilizers, methods of their storage lead to pollution of soils and agricultural products. Water-soluble forms of nitrogen fertilizers flow into ponds, rivers, streams, reach groundwater, causing an increased content of nitrates in them, which affects adversely human health.

Often fertilizers are introduced into the soil unrefined, which is the cause of soil contamination with radioactive (for example, potassium isotopes when using potassium fertilizers), as well as toxic substances. Different forms of superphosphates, having an acidic reaction, promote acidification of the soil, which is undesirable for areas where soil pH is lowered. Excess amount of phosphorus fertilizers washed into standing and slowly flowing water, causes the development of a large number of algae and other vegetation, which worsens the oxygen regime of water bodies and promotes their overgrowing.

In some cases, fertilizers are transported without proper packaging, stored without shelter in the outskirts of the fields, where they are caked, polluted and become very similar in appearance. In connection with this, a modern ecologist should be able to recognize fertilizers in appearance and simple qualitative reactions.

Most common fertilizers

Nitrogen fertilizers

The most commonly used is *ammonium nitrate* NH_4NO_3 and *urea* NH_2CONH_2 . *Ammonium sulfate* NH_4SO_4 is also used. In the protected soil, *calcium nitrate* $Ca(NO_3)_2$ and *potassium nitrate* KNO_3 are used.

Phosphate fertilizers

The most common is *simple granular superphosphate* $Ca(H_2PO_4)_2$ and *double granular superphosphate* $Ca_2(H_2PO_4)_3$. *Phosphorite flour* $Ca_3(PO_4)_2$ is also used.

¹**Pedosphere** — an independent terrestrial shell — a soil cover, or according to V.I. Vernadsky, the crust of weathering is part of the biosphere. Border formation between the aerobiosphere, terribiosphere and lithobiosphere is formed by and depends on the state of the environment of all three sub-shells, therefore it proves to be the most vulnerable in violation of any of them.

Potash fertilizers

It is mainly used *potassium chloride* KCl , *potassium nitrate* KNO_3 or *potassium sulfate* K_2SO_4 . Less frequently are used *sylvinite* $KCl \cdot NaCl$ and *Kalimag* $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$.

Calcareous fertilizers

These include calcareous materials containing not less than 50% of $CaCO_3$. These are *lime flour* from tufa, *dolomite flour*, *chalk*, *lake lime*, etc. Their action is to neutralize soil acidity, improve the conditions for the life of microorganisms and physical properties of the soil.

WORK PROGRESS

Equipment, reagents, materials:

Test tubes (12 pcs.); Racks for test tubes; Small mortars with pestles; Droppers or individual pipettes for each reagent; Muffle tongs; Tweezers (long); Electric stove; A gas burner or an alcohol lamp; Pieces of charcoal; Indicator paper; distilled water; 8–10% alkaline KOH or NaOH; 5% solution of barium chloride; Concentrated hydrochloric acid; 2% hydrochloric acid; Acetic acid (ice, diluted 10 times); 1–2% solution of silver nitrate; Iodine solution in potassium iodide (20 g KI is dissolved in 20 ml of distilled water, 6.35 g of crystalline iodine is added. The solution is transferred to a 50 ml volumetric flask, brought to the mark); Several types of the most common fertilizers (without signatures).

Work begins with defining the external signs of fertilizers: consistency, color, odor. Then, solubility is clarified and appropriate qualitative reactions are carried out with each fertilizer to be determined.

External signs

Consistency. Fertilizer can be *crystalline* (fine and coarse), *amorphous*, and also *in the form of granules*. Crystalline fertilizers include all nitrogen (except calcium cyanamide) and all potassium based, the amorphous ones comprise all phosphoric and calcareous. Phosphorus fertilizers are often granulated (superphosphates).

The *color* of the fertilizer is determined by a thorough examination. The characteristic may vary slightly due to transporting, dust contamination,

and also depending on the production technology. Purified fertilizers have a characteristic color.

Smell. Almost all fertilizers have a smell, but often not persistent, only cyanamide of calcium smells of kerosene.

Hydro solubility

1–2 grams of fertilizer are placed in a test tube, 15–20 ml of distilled water is added and the tube is shaken well. There are possible the following grades:

- a) completely soluble;
- b) markedly soluble (more than half of the fertilizer is dissolved);
- c) slightly soluble (up to the half of the fertilizer is dissolved);
- d) insoluble.

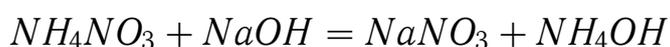
If as a result of shaking an abundant turbidity was formed in the tube, the fertilizer is *slightly soluble*.

All nitrogen fertilizers as well as the potassium ones, are *completely soluble* and *noticeably soluble*. The *insoluble* or *slightly soluble* ones include all phosphoric and calcareous fertilizers.

If the fertilizer has dissolved completely, the solution is poured into test tubes and the presence of a particular cation or anion is detected in it, a number of additional indices are determined, and then the name of the fertilizer is determined according to the scheme.

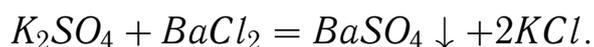
Reaction with alkali

Several drops of 8–10% alkali solution (*KOH* or *NaOH*) are poured into the fertilizer solution. In the presence of ammonia, when agitated, its secretion is felt due to a specific odor:



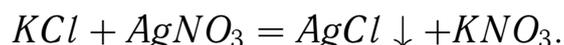
Reaction with barium chloride

Several drops of 5% solution of barium chloride *BaCl₂* are added to the test tube with the fertilizer solution. If a *SO₄²⁻* ion is present in the fertilizer, a curdled white precipitate of *BaSO₄*, which is insoluble in acetic acid, is formed. Making sure that the precipitate is insoluble is possible by adding acid.

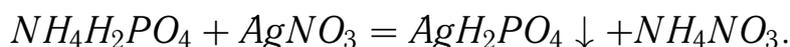


Reaction with silver nitrate

To the aqueous solution of the fertilizer 2–3 drops of 1–2% solution of $AgNO_3$ are added and the contents of the tube are shaken. The reaction serves to detect chlorine (white smoky precipitate of $AgCl$, insoluble in acetic acid).



Phosphorus fertilizers form with $AgNO_3$ a yellowish precipitate, soluble in acetic acid.



The reaction with $AgNO_3$ is also used for the analysis of calcareous fertilizers. So, with quicklime and slaked lime, silver nitrate gives a brown precipitate of silver oxide, which is soluble in acetic acid.



A test on the hot caracol

A nut-sized carbon pieces are heated on an electric plate, then they are taken with forceps or tweezers and made red-hot in the flame of the alcohol lamp. A pinch of fertilizer, previously rubbed in a mortar and placed in a narrow spoon from the foil is put on the coal. The rapidity of combustion, the appearance of smoke, the color of the flame, the smell are observed. Ammonia fertilizers are recognized by the smell of ammonia, nitrate compounds give a flash, the potash ones crackle.

If fertilizer breaks out, this is *saltpetre*. The following nitrates are distinguished *by the color of the flame*:

- sodium — burns with yellow-orange flame;
- potassium — with the purple one;
- ammonium — gives a colorless flame, and sometimes melts, boils with the release of ammonia.

Nitrogen fertilizers containing amide (NH_2) and ammonium (NH_4) groups burn on the incandescent coal with white smoke and an odor of ammonia. Crystalline potassium fertilizers on the hot coal do not break out, but only crackle slightly and «jump». It should be noted that if the coal is

badly red-hot (not red-hot), and the crystals are large, they can lie on the corner without any changes.

Phosphoric, calcareous fertilizers, gypsum do not change on hot coal.

Reaction with acid

A little dry fertilizer is placed in a test tube or porcelain cup and a 2–10% solution of hydrochloric acid or acetic acid drips onto the fertilizer. If the fertilizer effervesces from the evolved carbon dioxide, then it is a carbonate or contains a significant admixture of carbonate. Such fertilizers include calcareous materials, ash, etc.



Reaction of aqueous extract

5 g of fertilizer is placed in a conical flask, 50 ml of distilled water are added and shaken well. The solution is filtered through a paper filter. A test strip of paper is placed in a test tube with the obtained aqueous extract from the fertilizer (the pH of the extract can also be determined on a laboratory ionometer or pH meter). Superphosphate has acid reaction due to gypsum. Other fertilizers have an alkaline reaction (calcium cyanide, thomas slag, calcareous fertilizers), others have neutral reaction.

Determination of magnesium in fertilizers

This determination is carried out with a solution of iodine in potassium iodide *KI*. Magnesium ions with a hydroxyl ion of water form a slightly soluble magnesium hydroxide:



Magnesium hydroxide with iodine gives a reddish brown color. So potassium and calcareous fertilizers that contain magnesium are determined.

Determination of potassium fertilizers containing magnesium

1–2 drops of iodine and 1–2 drops of alkaline *KOH* or *NaOH* are placed in a porcelain cup (a pale yellow color appears), 1–2 drops of the fertilizer

solution are poured. If the fertilizer contains magnesium, the color becomes reddish brown.

Determination of calcareous fertilizers containing magnesium

In a test tube with 2–3 g of fertilizer 2–3 ml of acetic acid are added, the tube is shaken and let stand. The analysis is then carried out in the same manner as described above. Magnesium containing limestone stains the solution in a reddish-brown color, and not containing magnesium gives a yellow color of the solution.

Formalization of research results

The results obtained are recorded in the Table 1.4.1.

Table 1.4.1 — Observations record

No.	External features			Hydro-solubility	Reaction with alkali	Reaction with $BaCl_2$	Reaction with $AgNO_3$	Reaction on coal	Reaction with acid	pH of the water extract	Presence of Mg^{2+}
	Consistency	Color	Odor								
1											
2											
3											
4											

TASK

Using the following definition scheme, determine the name of the proposed fertilizer. Make the appropriate conclusions.

The scheme for determining fertilizers by qualitative reactions

1. The fertilizer is soluble in water _____ 2
- Fertilizer is soluble in water slightly or almost insoluble _____ 7
2. Flashes on carbon _____ 3
- Does not flash on carbon _____ 4

3. Does not smell ammonia on coal or alkali. Burns yellow-orange flame; Colorless, transparent crystals with a grayish or yellowish hue, bitter-salty taste: *sodium saltpeter* NaNO_3 .

Burns with a violet flame, white crystals with a yellowish-gray tinge: *potassium saltpeter* KNO_3 .

Produces the smell of ammonia not only on coal, but also with alkali. With BaCl_2 , there is no precipitate, but it can give a turbidity. White or yellowish granules of 1–3 mm in size or flat scales: *ammonium saltpeter* NH_4NO_3 .

4. On the coal gives the smell of ammonia, but with alkali does not. White granules from 1 to 5 mm in size or fine crystalline powder: *urea* NH_2CONH_2 .

Gives the smell of ammonia on coal and with alkali. On the coal melts with the emission of white smoke _____ 5

It does not smell ammonia on coal or with lye. The grains (crystals) do not burn, but only crackle or bounce _____ 6

5. With AgNO_3 gives a plentiful precipitating precipitate, white, insoluble in acetic acid; with BaCl_2 gives a slight turbidity. A fine crystalline product or granules of white or yellowish color: *ammonium chloride* NH_4Cl .

With AgNO_3 gives a slight turbidity, while with BaCl_2 abundant white precipitate, insoluble in acids is formed. Crystalline substance of white, gray or other color, except yellow: *ammonium sulfate* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Crystalline salt of yellow color: *ammonium-sodium sulphate* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$.

With AgNO_3 gives a yellow turbidity soluble in acetic acid. Granulated product or powder of light gray or gray color, with the addition of copper — blue, the reaction of the aqueous extract is acidic: *ammophos* $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Granules of dark gray or light gray color, the reaction of the extract is neutral: *diammophos* $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$.

6. With BaCl_2 forms a white precipitate, insoluble in acetic acid, with AgNO_3 forms weak turbidity and does not give sediment. A fine-grained white powder, sometimes with a yellowish tint, with iodine gives a light yellow color: *potassium sulphate* K_2SO_4 .

Forms an abundant precipitate both with BaCl_2 , and with AgNO_3 . Large crystals of a pinkish-brown color or a crystalline powder of gray color, a solution of bitter-salty taste: *kalinite* $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; light gray small crystals, irregularly shaped gray granules or strongly dusting powder with a greyish and pink tint, with iodine gives a reddish-brown color: *potassium magnesia (schoenite)* — $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ or *sulfate of potash-magnesia (sulpomag)* — $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$.

With AgNO_3 gives an abundant curdled precipitate insoluble in acetic acid, with BaCl_2 gives a slight turbidity. A fine-grained substance of white color with a grayish tinge and an admixture of pink crystals: *potassium*

chloride grade «K» KCl «K»; natural coarse crystals of milk-white to reddish-brown color: *potassium chloride* grade «F» — KCl «F»:

- natural crystals from red to brown color — KCl coarse of potash ores;
- a fine-grained powder of brown color — KCl from nepheline raw materials;
- a fine crystalline product, natural crystals from milk to reddish brown or pressed irregularly shaped granules from white to reddish-brown — KCl of sylvinite;
- small pink crystals mixed with large blue or gray crystalline powder with the inclusion of pink crystals: *potassium salt* — $KCl + KCl \cdot NaCl$.

7. With acetic acid gives a strong effervescence _____ 8

With acetic acid does not give effervescence or boils barely noticeably _____ 9

8. Powder of white, gray or brown color — *lime fertilizer*:

- in reactions with iodine of the acetic acid fertilizer solution, a light yellow color appears: *chalk, chalky powder* — $CaCO_3$;
- Coloration with iodine — red-brown: *dolomite powder* — $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

A fine dusty powder of black and blue color. Often has the smell of kerosene. Red litmus paper, put in an aqueous solution of fertilizer, turns blue: *calcium cyanamide* — $CaCN_2$.

Dark gray heavy powder. The aqueous solution has an alkaline medium. When reacting with an acid, hydrogen sulphide is released: *Thomas slug* — $4CaO \cdot P_2O_5$.

9. The aqueous solution of the fertilizer gives yellowing or sediment with $AgNO_3$ _____ 10

There is no yellowing of the solution or precipitate with $AgNO_3$ _____ 11

10. Powder or granules from light to dark gray. The blue litmus paper turns red when it comes in contact with an aqueous solution of fertilizer: *simple or double superphosphate* — $Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

Granules or powder of light or dark gray color, the reaction of the aqueous solution is neutral or slightly acidic, with the addition of 2–3 drops of the Nessler reagent, an intense brown color appears: *ammoniated superphosphate*.

Granules of blue or light blue color: *boric superphosphate*.

Thin, dusty, grayish powder, the reaction of the aqueous solution is neutral: *basic superphosphate* $CaHPO_4$.

Thin, dusty, grayish powder, the reaction is neutral, with $AgNO_3$ clear yellowing of the fertilizer residue: *defluorinated phosphate*.

11. Dark, heavy powder, medium neutral reaction: *phosphate slag*.

Thin, strongly dusting powder of dark gray with a brown tinge: *ground rock phosphate* — $Ca_3(PO_4)_2$.

Characteristic features of some fertilizers

(Are used to verify the correctness of the determination according to the above scheme)

Superphosphates have a characteristic smell, greyish color and acid reaction.

Potassium salt differs from other fertilizers on rose-red crystals. Sometimes there may be impurities of blue crystals. White crystals indicate the presence of sodium salts in the impurity.

Typical reactions for some fertilizers

For *sodium* and *potassium saltpeters* the only reaction that distinguishes them among themselves and from all other fertilizers is the flash and color of the flame on the hot carbon.

Ammonium sulfate can be differed from similar *ammonium nitrate* through a reaction with chloride barium. *Ammonium sulfate* can be easily differed from potassium sulfate by reaction with alkali.

Distinctive reactions for some nitrogen fertilizers:

for *ammonium sulfate* $(NH_4)_2SO_4$ — reaction with $BaCl_2$;

for *ammonium chloride* NH_4Cl — reaction with $AgNO_3$ — formation of a white floc;

reaction on hot carbon: *sodium saltpeter* $NaNO_3$ — yellow flash, *potassium saltpeter* KNO_3 — the violet one, *ammonium saltpeter* NH_4NO_3 — the white one.

The difference between *ammonium saltpeter* and *urea*: the first smokes and flashes on the hot carbon, and the second one melts and does not break out. Urea is soaped between fingers, the crystals are smaller.

The Nessler reagent is used for *ammonium*, and diphenylamine (for NO_3^- ion) is applied to the *nitrates*: the walls of a white porcelain cup are wetted with the fertilizer solution, the solution is poured from the cup, and 1–2 drops of diphenylamine are dropped onto the wetted surface. The blue staining indicates the presence of the NO_3^- ion.

TEST QUESTIONS

- 1) How the pedosphere and agricultural products are polluted with fertilizers?
- 2) Give examples of the most common fertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium and lime).
- 3) Give the most characteristic features and reactions for some fertilizers.

REFERENCES

- 1) Fedorova A.I., Nikolskaya A.N. Practicum on ecology and environmental protection: Tutorial for the students of HEIs. — Moscow: Humanitarian publishing center VLADOS, 2001. — 288 pages.

1.5 SYNTHETIC WASHING AGENTS

1.5.1 GENERAL INFORMATION

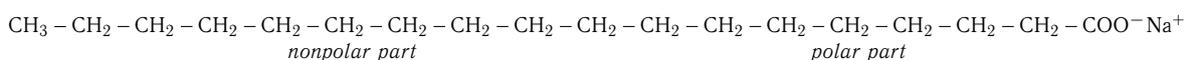
Many of the substances with which we deal in our everyday life are potentially environmentally hazardous. When appearing in the environment, namely, getting through sewage into natural waters, they can lead to serious consequences. Therefore, it is important to know their chemical composition, mechanism of action, possible toxic properties. Various washing agents are an example of substances ecological hazard of which we do not know well enough.

Washing agents are substances or mixtures of substances that show detergent effect in solutions and are used to remove impurities from the surface of solids. The most important detergents are intended for use in aquatic media. They include various types of commercial (toilet, laundry soap) and technical soap, multicomponent compositions of synthetic washing agents (SWA) for household and industrial purposes, as well as some natural products, for example, saponins.

The basis of *synthetic washing agents* or detergents is formed by micelle-forming surface-active substances (SAS). In addition, they contain various auxiliaries and additives that enhance the detergency of the SAS or impart specific properties to the composition. These include complexing agents, alkaline electrolytes, chemical and optical bleachers, antiresorbents that prevent the repeated adherence of dirt to the fiber, enzymes, fragrances. The composition of some synthetic detergents produced in Belarus is shown in Table. 1.5.1. Let us consider in more detail the constituent parts of detergents in terms of their possible impact on the environment.

Surface-active substances

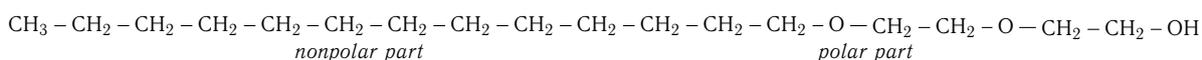
The main purpose of *surface-active substances (SAS)* is to reduce the surface tension of water. SAS molecules consist of two parts — a nonpolar hydrocarbon chain that is lyophobic with respect to water (hydrophobic) and a polar lyophilic (hydrophilic) group at its end. An example of such substances is the sodium salt of stearic acid or potassium stearate, which is the basis of conventional soap:



Depending on the structure of the surfactant molecule and its dissociation, the International Organization for Standardization (ISO) recommends to divide SAS into four main classes: *anionic*, dissociating in water with the formation of a long-chain anion, which determines surface activity; *cationic*, dissociating in water with the formation of a long-chain

cation, determining surface activity; *non-ionic*, nondissociating in aqueous solutions; *amphoteric*, containing a hydrophilic radical and a hydrophobic part capable of being a cation or anion, depending on the pH of the solution.

Anionic SAS are usually added to the powder detergents. Non-ionic SAS are used in liquid detergents, as well as in shampoos, dishwashing detergents, etc. The advantage of non-ionic SAS is their ability to effectively remove fat and other contaminants at low temperatures. They also produce less foam and stabilize the foam poorly, which allows them to be used in washing machines. The molecules of non-ionic SAS are composed of a non-polar hydrocarbon chain and the polar part — a polyethylene glycol chain:



The solubility of non-ionic SAS is caused by the formation of hydrogen bonds between oxygen atoms (which are in the polyethylene glycol chain) and water molecules.

And now let's look at how the process of removing dirt from the surface of fabric fibers under the influence of SAS proceeds. Dirt on the fibers of the fabric are droplets of fat or oil with solid particles incorporated in them. Oil (that is, a substance molecules of which are formed mainly by covalent nonpolar bonds) does not very well wet the fiber, whose molecules are mostly polar. The addition of water to this system changes little in the overall system of interactions, since the difference in the values of the surface tension of water and oil is high.

If the water contains SAS, for example, salts of fatty acids that form soap, the nature of the interaction of substances varies significantly. SAS molecules are adsorbed on both the fiber surface and the oil surface. Moreover, the nonpolar part of the molecule (the hydrocarbon chain) penetrates deep into the particle of the oil, the polar part (COO^-) is oriented in the opposite direction of the dirt particle and solvated by the water molecules. As a result, a larger particle is formed, inside of which there is a hydrophobic particle of mud, and the outer layer consists of water molecules, which allows to wash such a particle with excess water. Thus, the fiber surface is cleaned of dirt.

The world production of SAS is about 2–3 kg per capita per year. Approximately 50% of manufactured SAS is used for household chemicals, the rest is used in industry and agriculture.

The maximum allowable concentration of SAS in drinking water is 0.2 mg/l, and in fishery waters this value is 0.1. Mg/l. A bitter and noticeable soap-kerosene taste of water appears with a SAS content of 0.4 — 3.0 mg/l. The SAS content in the Mukhavets River on the section from Kobrin to Brest is 0.1–0.7 of the maximum permissible concentration.

Among the wastewater treatment methods in sedimentation tanks, the SAS transfer into foam, adsorption with active carbon, use of ion exchange

Table 1.5.1 — Composition of some synthetic detergents (in wt.%)

Components	Powdered SWA						Liquid SWA	
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
SAS (total)	18	15	15	20	15	18	35	24
alkylbenzene sulfonates	18	8	8	—	8	4	15	8–12
alkyl sulfates	—	—	—	—	—	12	—	up to 6
alkylsulfonates	—	—	—	—	—	—	—	up to 13
non-ionic SAS	—	up to 3	3	up to 5	3	—	20	up to 3
soap	—	4	4	15	4	2	—	—
Complexing agents								
<i>Na</i> tripolyphosphate	40	40	35	35	40	40	—	—
<i>K</i> tripolyphosphate	—	—	—	—	—	—	3.5	3.5
Alkaline electrolytes								
Na_2SiO_3	3	4	7	8	5	3	—	—
Na_2CO_3	—	—	10	20	10	—	—	—
Chemical bleachers								
<i>Na</i> peroxoborate	—	—	15	—	—	8	—	—
Optical bleachers	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1
Antiresorbent								
carboxymethyl cellulose	0.9	1.0	1.2	0.9	1.0	1.0	—	—
Enzyme								
protease	—	2.0	—	—	2.0	—	—	—
Stabilizers	—	—	0.3	—	—	—	—	—
Perfumes	0.2	0.2	—	—	0.2	0.2	0.1	0.1
Na_2SO_4 and water	others — up to 100% (water up to 10%)							

sewage. Recent studies have shown that in the presence of EDTA metal ions — trace elements, necessary for the normal life of living organisms, are bound together in strong complexes and can not be assimilated. The presence of EDTA in water at a concentration of more than 0.1 mmol/l suppresses the ability of cells to multiply and leads to their partial death.

Bleachers

An important component of synthetic detergents are chemical bleachers. The most commonly used is sodium peroxoborate NaH_2BO_4 , which releases oxygen during decomposition, which in turn oxidizes organic impurities on the fibers of the fabric. Sodium peroxoborate has toxic properties. Upon ingestion in the digestive tract, it is easily absorbed by the walls of the intestine, resulting in physiological disorders of the blood circulation, renal function, and central nervous system disorder.

Optical bleachers, which are part of detergents, have the ability to absorb the UV component of sunlight ($\lambda=300-400$ nm) and to convert the resulting energy into visible light, mainly in the blue or violet part of the spectrum ($\lambda=400-500_{nm}$). The bleaching action of these substances is based on the compensation of the lack of blue rays in the light reflected by the material. The basis of most optical brighteners are pyrazole compounds. Small concentrations of pyrazole derivatives can cause harmful effects on the circulatory system, and their large concentrations cause seizures and respiratory tract paralysis.

WORK PROGRESS

Technique of laboratory works

To perform laboratory experiments it is necessary to be able to properly handle chemical utensils made from special types of glass. It withstands the effects of chemical reagents and temperature fluctuations. A set of utensils depends on the nature of the work performed in the laboratory. In this work, chemical utensils of general purpose (test tubes, funnels) and measuring utensils are used to measure the volumes of solutions (pipettes, cylinders, burettes).

1. Measuring cylinders serve to measure the volume of fluid with little accuracy. They are thick-walled graduated glass cylinders with a wide support for their stability. Measuring cylinders come in different capacities – from 10 ml to 2 liters. The volume for the calibration of cylinders is usually indicated in milliliters.

Usage. It is necessary to fill the cylinder with liquid to a volume slightly less than required. Then add the liquid dropwise to bring the volume to the required level.

In the case of a transparent liquid, the level should be measured on the lower edge of the meniscus, looking at the cylinder from the side at the level of the meniscus.

2. Pipettes are designed for accurate selection of small volumes of liquid. In practice, pipettes of two types are often used: with the extension (Mohr

pipette) and tubular calibrated ones. Pipettes are of different capacities, usually from 1 to 25 ml.

Usage. To fill the pipette, lower it with the bottom end into the solution and gently suck it with a rubber pear slightly above the mark level. It is necessary to ensure that the lower end of the pipette is always in solution. After that, the upper end of the pipette is quickly covered with the index finger, and the excess fluid is released with a slight easing of the pressure of the finger. When the lower level of the solution reaches the mark, close the top hole tightly with your finger. Place a glass under the pipette and release the solution into it, removing the finger and touching the bottom end of the pipette of the glass wall. At the same time, there must be a drop of liquid in the drawn-out end that does not flow out when the upper hole is open.

3. Burettes. Burettes serve to measure the exact volumes of liquids. Ordinary burettes are long narrow glass tubes, graduated to tenths of a milliliter. The lower part of the tube passes into a narrower tube, which ends with a drawn end. There are taps for draining the liquid. Instead of a tap, a metal clamp or ball can be used, inserted into the rubber tube and passing the liquid when pressed with a hand. The capacity of burettes is from 1 to 100 ml.

Usage. Strengthen the burette vertically in the arm of the stand and use a funnel to pour the required solution. In this case, the funnel needs to be lifted slightly by hand, so that there is a small gap between it and the burette for air escape. After that, put a glass under the burette and fill the bottom part with liquid, for which the tap or clamp needs to be fully opened. Once the liquid has filled the bottom, turn off the tap or close the clamp. Top up with a solution above the zero mark and gently release excess liquid to the initial mark. Ensure that there is no air in the bottom tube with the drawn-out end.

1.5.2 SAFETY PRECAUTIONS

Performing laboratory works, the student should be able to properly handle glass chemical utensils, take special precautions when working with toxic and corrosive substances, know the measures of the first pre-medical care.

1. Working with glassware. The main traumatic factor when working with glass chemical glassware are sharp glass fragments that can cause cuts of the body of the worker. For this reason, special care should be taken when using such utensils. If glassware is broken during operation, then the following measures must be taken.

First aid. In the case of glass cuts in the hands or other parts of the body, small fragments should be removed from the wound, then the wound should be washed with a 2% potassium permanganate solution or ethyl alcohol,

greased with iodine tincture and bandaged. Glass fragments caught in the eyes can only be removed by a medical professional.

When cleaning the workplace, splinters of broken chemical glassware should be collected with a brush and scoop to prevent cuts of hands.

2. Working with electric heaters. When using electric heaters, extreme care must be taken. Before working with them, you should read the instructions for their operation. When working with a water bath, you need to make sure that there is always water in it. Do not touch the heating elements of the electric hot plate to avoid thermal burns.

First aid. For burns of mild severity, a bandage moistened with a 2% solution of potassium permanganate should be applied to the affected area. For burns of moderate severity, a sterile bandage is applied to the affected area. The victim should be urgently delivered to a medical institution.

3. Toxic properties of compounds used in laboratory work and emergency measures in case of injury through them.

Nitric acid (HNO_3) is a danger (causes severe chemical burns) both with external effects and when ingested.

First aid. If acid gets on the skin, immediately wash the affected area with plenty of water, the washing time should be 10–15 minutes. Alkaline solutions can not be used for washing, because when they interact with water they release a large amount of heat, which can increase the severity of injury. In case of eye damage, a lot of washing with water should be done within 10–15 minutes. If acid gets into the interior, drink plenty, induce vomiting without mechanical means. Seek medical help from a medical facility.

THE TASK

A qualitative reaction to the presence of nonionic SAS

This reaction is the basis for the quantitative determination of non-ionic SAS in wastewater and natural waters in accordance with ISO 7875-2. The sensitivity of the reaction is 0.05 mg/l.

The qualitative determination of nonionic surfactants is based on their reaction with the Dragendorf reagent, which is a mixture of potassium tetraiodobismuthate ($K[BiI_4]$), barium chloride ($BaCl_2$), and acetic acid.

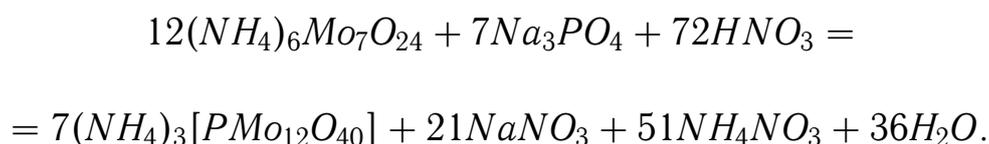
In a test tube, add 2–3 ml of the test water. Add 4–5 drops of Dragendorf reagent. Thoroughly mix the contents with a glass rod. What changes occur with the solution? Describe them in the workbook.

The quantitative analysis of non-ionic surfactants is carried out by separating and dissolving the resulting precipitate, followed by the determination of the concentration of bismuth ions equivalent to SAS concentration therein.

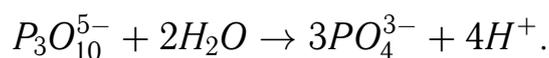
A qualitative reaction to the presence of phosphates

This reaction is the basis for the quantitative determination of non-ionic SAS in wastewater and natural waters in accordance with ISO 6878-1.

The qualitative determination of phosphates is based on their reaction with ammonium 24-oxoheptamolybdate (VI) to form the ammonium salt of phosphomolybdic acid:



Since in detergents phosphorus is contained in the form of sodium and potassium tripolyphosphates ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ and $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), they must first be converted to phosphates by heating with nitric acid:



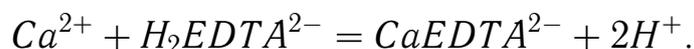
Most manufacturers recommend the use of powdered detergents in the form of a solution with a mass fraction of 1%, liquid detergents — in the form of a solution with a mass fraction of 0.5%. For analysis, a more concentrated solution of the test detergent (2%) should be prepared. To do this, proceed as follows:

1. Measure 49 ml of water using a graduated cylinder of 50 ml.
2. With a technochemical weigher, weigh 1 gram of powder detergent (washing powder) in a quartz cup (Caution!).
3. Carefully transfer the weighed quantity of the substance into a beaker. The remaining particles in the cup are washed with water from the cylinder and also transferred to a glass.
4. Pour into the glass the remaining water from the cylinder in small portions with constant stirring with a glass rod. (*Do not stir the solution too hard to avoid foaming*). In case of poor dissolution of the detergent, the glass with the solution should be placed on the electric hot plate.

In the *first* tube, add 10 drops of the prepared solution, 10 drops of a 6M solution of nitric acid and 10 drops of a 0.5M solution of ammonium 24-oxoheptamolybdate (VI). In the *second* (control) tube, add 10 drops of distilled water, 10 drops of a 6M solution of nitric acid and 10 drops of a 0.5M solution of ammonium 24-oxoheptamolybdate (VI). Place both tubes in a water bath for 5 minutes. What changes have occurred with the contents of the test tubes? What does this show? Describe these changes in workbooks.

Quantitative determination of EDTA in detergents

The basis of the determination is the reaction of EDTA (H_4EDTA) or its sodium salt (Na_2H_2EDTA) with multiply charged metal ions, in this case calcium ions (Ca^{2+}):



The quantitative determination of EDTA content in detergents is carried out by *titrimetry*. Titrimetry is an analytical method based on measuring the amount of reagent spent on the reaction with the substance to be determined. The reagent is generally used in the form of a solution with a known concentration. Solution of 0.5N calcium chloride ($CaCl_2$) serves as a reagent in this work. The reagent solution from the burette is added to the test solution of the detergent until an *equivalence point* is reached, i.e., a state where EDTA and $CaCl_2$ are in a strictly stoichiometric ratio. An equivalence point is fixed according to the changed color of the indicator.

The basis of calculations in titrimetric analysis is the formula:

$$C_{H_1} \cdot V_1 = C_{H_2} \cdot V_2,$$

where CH_1 and CH_2 are equivalent concentrations of reactants, V_1 and V_2 are their volumes.

1. Pour the calcium chloride ($CaCl_2$) solution into the burette with the exact equivalent concentration (0.5N). Set the lower edge of the meniscus to the zero mark.

2. Using a pipette, measure 25 ml of a 1% solution of detergent and pour it into a 50 ml conical flask. Add 5 drops of ammonium buffer and 2–3 micro spatulas of the indicator — *sour chrome dark blue*. The mixture will turn blue.

3. Pour the calcium chloride solution from the burette into a conical flask in small portions (0.1–0.2 ml) with *constant* stirring. At the end of the titration alkaline solution is added *dropwise*. The equivalence point (end of titration) comes at a time when, after adding one drop of calcium chloride solution, the contents of the conical flask change its color from blue to wine-red.

4. Determine the volume of the calcium chloride solution, which went to titration, according to the scale of the burette; the result of the measurement should be entered in the final table 1.5.2.

5. Repeat the titration 2 more times. Add the calcium chloride solution in the burette to the zero mark each time before starting the titration. Based on the results of titrimetric analysis, fill out the summary table 1.5.2.

Table 1.5.2 — Summary table for the experiment

Determination number	V($CaCl_2$), ml	V($CaCl_2$) average, ml	C_H ($CaCl_2$), eq/l	V (EDTA), ml	C_H (EDTA)
titration 1			0.5	25	
titration 2			0.5	25	
titration 3			0.5	25	

REFERENCES

- 1) Philip C.H. Mitchell. Metal complexes of EDTA: an exercise of data interpretation // Journal of Chemical Education, 1997, vol. 74, No.10, p.1235–1237.
- 2) George S. Kriz, Jr., Kay Dian Kriz. Analysis of phosphates in detergents // Journal of Chemical Education, 1971, vol. 48, No.8, p.551–552.
- 3) David Williams. Storing up trouble // Chemistry in Britain, 1998, No.1, p.48–50.
- 4) K.I. Kump, F.A. Palocsay, T.N. Gallaher. Determination of the percent Na_4EDTA in bathroom cleaners // Journal of Chemical Education, 1978, vol. 55, No.4, p.265–267.
- 5) Фелленберг Г., Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. — М.:Мир, 1997. — 232с.

2.1 АНАЛИЗ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Цель работы: изучить причины появления в воде загрязняющих веществ, методы контроля содержания их в воде и оценить пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения на основе данных о качестве воды.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Гидросфера — прерывистая водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и земной корой и представляющая собой совокупность океанов, морей и водных объектов суши (реки, озера, водохранилища, болота, подземные воды), включая скопления воды в твердой фазе (снежный покров, ледники). Мировой океан занимает 71% поверхности Земли, его средняя глубина 3704 м, наибольшая — 11034 м, масса воды $1,5 \cdot 10^{18}$ т. Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу или литосферу. Это связано с большой растворяющей способностью воды, с круговоротом воды в природе, а также с тем, что водоемы являются конечным пунктом на пути движения различных сточных вод.

Присутствие загрязняющих веществ в водной среде оказывает влияние на жизнедеятельность отдельных живых организмов и на функционирование всей водной системы.

Природная вода является неоднородной средой. В ней присутствуют вещества в твердом, газообразном и истинно растворенном состоянии, множество микроорганизмов, находящихся в равновесии с окружающей средой.

Воздействие загрязнителей на природные водоемы различно. Тепловое загрязнение вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности водных организмов, что нарушает равновесие экосистемы. Минеральные соли опасны для одноклеточных организмов, обменивающихся с внешней средой осмотическим путем. Взвешенные вещества уменьшают прозрачность воды, снижают фотосинтез водных растений и аэрацию водной среды, способствуют заилению дна в зонах с малой скоростью течения, оказывают неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность водных организмов-биофильтров. На взвешенных частицах могут сорбироваться различные загрязняющие вещества, оседая на дно, они могут стать источником вторичного загрязнения воды.

Загрязнение вод тяжелыми металлами не только оказывает экологический вред, но и наносит значительный экономический ущерб. Источниками загрязнения воды тяжелыми металлами служат гальванические цеха, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии. При загрязнении воды нефтепродуктами на поверхности об-

разуется пленка, препятствующая газообмену воды с атмосферой. В ней, а также в эмульсии тяжелых фракций накапливаются другие загрязнители, кроме того, сами нефтепродукты аккумулируются в водных организмах. Основными источниками загрязнения вод нефтепродуктами являются водный транспорт и поверхностный сток с городских территорий. Загрязнение водной среды биогенными элементами ведет к *эвтрофированию водоемов*¹.

Органические вещества-красители, фенолы, ПАВ, диоксины, пестициды и др. создают опасность возникновения токсикологической ситуации в водоеме. Особенно токсичными и устойчивыми в окружающей среде являются диоксины. Это две группы хлорсодержащих органических соединений, относящихся к дибензодиоксидам и дибензофуранам. Один из них — 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (2,3,7,8-ТХДД) является очень токсичным соединением. Токсическое действие различных диоксинов проявляется одинаково, но отличается по интенсивности. Диоксины накапливаются в окружающей среде, и концентрация их растет.

Изучение загрязнения воды имеет свои особенности. Как и при определении атмосферных загрязнений приходится определять малые количества веществ непостоянного состава в присутствии других загрязнителей. Отличие в том, что в незагрязненной воде постоянно содержатся органические и неорганические вещества сложного строения, кроме того, в воде протекают химические и фотохимические процессы, приводящие к изменению состава химических веществ. В химических превращениях большое участие принимают биологические объекты животного и растительного происхождения. Поэтому содержание кислорода является одним из важнейших показателей состояния водной системы.

Особое значение для правильной оценки загрязнения воды, и в том числе для отбора проб, имеет распределение веществ, которое зависит от многих локальных условий: скорости и характера движения воды, осадков, физико-химических свойств загрязняющих веществ, их устойчивости в воде и т.д. Обычно устанавливается динамическое равновесие между ними. Если условно рассечь водную массу вертикальной плоскостью, можно выделить места различной реакционной способности: поверхностную пленку, основную водную массу и донный осадок.

Донный осадок и поверхностная пленка являются зонами концентрирования загрязняющих веществ. На дно оседают нерастворимые в воде соединения, а осадок является хорошим сорбентом для многих веществ.

В воду могут попадать неразлагаемые загрязняющие вещества. Но они способны реагировать с другими химическими соединениями, образуя устойчивые конечные продукты, которые накапливаются в биологических

¹*Эвтрофирование водоемов* — чрезмерное обогащение водной среды питательными веществами (биогенными элементами и органическими веществами), способствующими усиленному развитию растительных и животных организмов.

объектах (планктоне, рыбах и т. д.) и через пищевую цепь попадают в организм человека.

При выборе места отбора пробы воды учитываются все обстоятельства, которые могут оказать влияние на состав взятой пробы.

Различают две основные пробы: *разовую* и *среднюю*. *Разовую пробу* получают путем отбора требуемого объема воды за один раз. *Средняя проба* получается смешением равных объемов проб, отобранных через равные промежутки времени. Средняя проба тем точнее, чем меньше интервалы между отдельно взятыми составляющими ее пробами.

В зависимости от цели исследований отбор проб может быть *разовым* и *регулярным (серийным)*. *Разовый отбор проб* используется, когда:

- 1) измеряемые параметры подвержены большим изменениям во времени или (и) по глубине и акватории водоема;
- 2) известны закономерности изменений определяемых параметров;
- 3) требуются лишь самые общие представления о качестве воды в водоеме;
- 4) требуется периодическое определение возможных изменений состава вод в ранее хорошо изученных водоемах.

Регулярный (серийный) отбор проб — такой отбор проб, при котором каждая проба отбирается в определенной временной и (или) пространственной взаимосвязи с другими. Он дает наиболее определенную и надежную информацию о качестве вод.

При контроле качества вод поверхностных водоемов место отбора пробы выбирают в соответствии с целями анализа и на основании исследования местности. Чтобы исключить влияние случайных факторов местного характера, особенно внимательно надо обследовать притоки реки и источники загрязнения бассейна водоема, находящиеся выше места взятия пробы. За исключением наблюдений в специальных целях, не следует брать пробы воды на химический анализ в следующих пунктах:

- 1) подверженных непосредственному влиянию вод притоков;
- 2) вблизи вывода сточных вод или если берега загрязняются отбросами;
- 3) в участках слабого водообмена.

В поверхностных водоемах, в тех случаях, когда цель исследования не является поверхностный или придонный слой, пробу отбирают на глубине 20–30 см от поверхности и на таком расстоянии от дна, какое допускает аппаратура для отбора пробы. Пробы отбирают или смешанные по длине, или в ряде точек в поперечном сечении.

Пробу воды на анализ отбирают в чистую посуду, предварительно 2–3 раза сполоснув ее исследуемой водой. С открытых водоемов пробы отбирают в фарватере реки с глубины 50 см. Бутыль с грузом опускают на глубину, после чего пробку открывают с помощью прикрепленного к

ней держателя. Лучше для этой цели использовать специальные приборы — *батометры*, которые позволяют применять посуду разной формы и емкости. *Батометр* состоит из зажима, плотно обхватывающего посуду и приспособления для открывания пробки на нужной глубине.

При длительном стоянии пробы могут произойти существенные изменения в составе воды, поэтому, если нельзя начать анализ воды сразу после отбора или через 12 часов после отбора, ее консервируют для стабилизации химического состава. Универсального консервирующего средства не существует.

Для определения качества воды выделяется 4 группы показателей:

группа 1 — показатели, характеризующие органолептические свойства воды;

группа 2 — показатели, характеризующие химический состав воды;

группа 3 — показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды;

группа 4 — показатели, характеризующие радиологические свойства воды.

В данной лабораторной работе предлагается рассмотреть определение показателей, характеризующих органолептические свойства, химический состав воды и эпидемиологическую безопасность воды.

2.1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Органолептические свойства нормируются по интенсивности их восприятия человеком. Это — температура, прозрачность, мутность, цветность, запах, вкус и привкус, примеси (пленка, водные организмы).

ХОД РАБОТЫ

Определение температуры воды

Оборудование, материалы: *ртутный термометр для измерения температуры воды со стоградусной шкалой и ценой деления 0,1 °С; пробы воды.*

Температура воды является важнейшей характеристикой, в значительной мере определяющей скорость, а иногда и направление изменений ее качества. От температуры воды зависят протекающие в водоеме физические, химические, биологические и биохимические процессы.

Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой за последние 10 лет.

Измерение температуры воды производят во время или сразу после отбора пробы. Для этого обычно используют комбинированные ртутные термометры с ценой деления 0,1 °С.

Определение прозрачности воды

Оборудование, *стеклянный цилиндр с внутренним диаметром материалы:* 2,5 см, высотой 50 см и плоским дном; шрифт (высота букв составляет 2 мм, а толщина линий букв — 0,5 мм); линейка; пробы воды.

Прозрачность (или светопропускание) воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Степень прозрачности воды выражается высотой столба жидкости в см, через который отчетливо виден специальный шрифт. Воду в зависимости от степени прозрачности подразделяют на: *прозрачную; слегка мутную; мутную; сильно мутную.*

Прозрачностью не менее 30 см должны обладать воды, подаваемые для питьевого водоснабжения без осветления. Речные воды, кроме горных, могут иметь прозрачность 25 см. Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

Исследуемую воду наливают в цилиндр, под дно которого подкладывают шрифт. Воду наливают до тех пор, пока сверху через слой воды можно будет отчетливо прочесть подложенный шрифт. Высоту столба воды в цилиндре измеряют линейкой. Определение производят при хорошем дневном рассеянном освещении на расстоянии 1 м от светонесущей стены. Измерения повторяют несколько раз (не менее 3–4), и за окончательный результат принимают среднее значение единичных измерений.

Определение осадка в воде

Оборудование, *стеклянный цилиндр; пробы воды.*
материалы:

Взболтанную в бутылке воду наливают в цилиндр слоем примерно 30 см и оставляют в покое на 1 час, если вода отобрана из открытого водоема, или на 1 сутки, если вода взята из подземных источников. Осадок оценивают *количественно (нет, незначительный, заметный, большой)*

и качественно (песчаный, глинистый, илистый, кристаллический, хлопьевидный). Отмечают также цвет осадка. Большой осадок свидетельствует о загрязнении воды.

Определение цветности воды

Оборудование, реактивы, материалы: фотоколориметр; цилиндр на 100 мл; мерные колбы на 1 л; дистиллированная вода; стандартный раствор №1 (0,0875 г бихромата калия, 2 г сульфата кобальта и 1 мл серной кислоты с плотностью 1,84 г/мл растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л. Раствор соответствует цветности 500 град.; раствор №2 (1 мл конц. H_2SO_4 доводят дистиллированной водой до 1 л); пробы воды.

Цветность — природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Гуминовые вещества образуются при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в открытые водоемы. Поэтому цветность свойственна воде открытых водоемов и резко увеличивается в паводковый период. Цветность воды определяется в градусах. Вода, имеющая цветность 20 град., считается бесцветной. Вода, не подвергающаяся перед подачей потребителю обесцвечиванию, должна иметь цветность не выше 20 град. При цветности выше 35 град. Водопотребление ограничивают.

Цветность определяется визуальными фотоколориметрическими методами. Для визуального определения в колориметрический цилиндр наливают 100 мл профильтрованной исследуемой воды и, просматривая окраску контрольных растворов сверху вниз, находят цилиндр, окраска жидкости в котором совпадает с окраской воды в цилиндре с исследуемой водой.

Более точное определение цветности производится на фотоэлектроколориметре. Для этого строят градуированный график по хромово-кобальтовой шкале цветности. Растворы с различной цветностью фотометрируют в кювете на 5 см в синей части спектра относительно профильтрованной дистиллированной воды.

Для приготовления шкалы цветности приготавливают растворы №1 и №2 и смешивают их в цилиндрах в следующих соотношениях (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1 — Хромово-кобальтовая шкала цветности

Раствор №1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
Раствор №2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	84
Градусы цветности, град.	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

Определение запаха воды

Оборудование, материалы: *водяная баня; термометр для измерения температуры воды; колбы конические; пробирки; пробы воды.*

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в нее:

- в результате процессов жизнедеятельности водных организмов;
- при биохимическом разложении органических веществ;
- при химическом взаимодействии компонентов, содержащихся в водоеме;
- со сточными водами предприятий химической, металлургической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной и др.;
- при обработке питьевой воды.

Вид, интенсивность и устойчивость запаха могут быть различны и зависят от состава обуславливающих его веществ, температуры, активной реакции среды (рН), степени загрязненности и др. Чистые природные воды запахов не имеют.

Выделяют следующие основные виды запаха (табл. 2.1.2).

Запах оценивается в баллах. Водой, не имеющей запаха, считается такая вода, запах которой не превышает 2 баллов. Наличие запаха в воде в значительной мере ухудшает органолептические свойства, делая ее непригодной для питья.

Определение запаха производят вскоре после отбора пробы. Пробу не фильтруют и не консервируют.

Метод основан на определении вида и интенсивности запаха при температурах 20 и 60 °С.

Определение запаха необходимо производить в помещении, изолированном от проникновения посторонних запахов. Обязательно следует указывать температуру окружающего воздуха. Для исключения субъективной ошибки целесообразно сотрудничество нескольких лиц.

В коническую колбу при 20 °С приливают исследуемую пробу воды и сразу закрывают ее пробкой. Для определения используют 100–250 мл пробы. Содержимое несколько раз встряхивают. Затем колбу открывают и немедленно органолептически определяют характер запаха и его интенсивность.

Таблица 2.1.2 — Виды запаха

Классификация запахов	Сокращение	Примеры или возможные источники
Ароматный или пряный	A	Камфара, гвоздика, лаванда
Огуречный	Ae	Свежий огурец
Бальзамический (цветочный)	B	
Сладковатый	Bs	
Химический	C	Промышленные сточные воды или химическая обработка
Хлорный	Co	Свободный хлор
Углеводородный	Ch	Стоки нефтеочистительных заводов
Лекарственный	Cm	Фенол, йодоформ
Сернистый	Cs	Сероводород
Навозный	Dp	Сточные воды животноводства
Гнилостный	Dz	Застоявшиеся сточные воды

В другую колбу также приливают исследуемую пробу объемом 100-250 мл и горлышко закрывают стеклом. Колбу подогревают на водяной бане до 60 °С, перемешивают содержимое осторожным встряхиванием, открывают колбу и немедленно органолептически устанавливают характер и интенсивность запаха.

Определение вкусов и привкусов воды

Оборудование, термометр для измерения температуры воды;
материалы: колбы конические; пробирки; пробы воды.

Вкусы и привкусы определяют в баллах. Водой без привкусов называется такая вода, привкусы которой не превышают 2 баллов.

Определение ведется с заведомо безопасной водой при 20 °С. Воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая. Отмечают наличие *вкуса* (соленый, горький, кислый, сладкий) или *привкуса* (щелочной, железистый, металлический, вяжущий и т.д.) и их интенсивность в баллах по шкале, аналогичной определению интенсивности запаха (см. табл. 2.1.3).

При интенсивности вкусов и привкусов выше 2 баллов ограничивается водопотребление, т. к. сильные вкусы и привкусы могут быть показателями загрязнения воды загрязненными сточными водами или свиде-

Таблица 2.1.3 — Интенсивность запаха воды

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Проявление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но определяемый потребителем в исследованиях
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем
3	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый (вода неприятна для питья)
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание, заставляющий воздержаться от питья и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду совершенно непригодной

тельствуют о наличии биологически активных веществ, выделяемых синезелеными водорослями.

2.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ

Природный состав воды характеризуется следующими показателями: сухой остаток, общая жесткость, водородный показатель pH, общая щелочность, содержание катионов и анионов: Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Показателем присутствия химических веществ, поступающих в водоисточник со сточными водами, является содержание в воде: *Al*, *Be*, *Mn*, *Cu*, полифосфатов *Pb*, *Zn*, *Ag*, *V*, радия-226, стронция-90, *As* и др. Железо содержится в чистых природных водах, но поступает оно также в водоемы и со сточными водами.

Определение состава и свойств воды по водородному показателю (рН)

Оборудование, материалы: лабораторный ионометр, или рН-метр; термометр ртутный со стоградусной шкалой; стеклянные стаканы вместимостью 50 мл; бумажные фильтры; пробы воды.

Водородный показатель, или активная реакция среды (рН), характеризует активность или концентрацию ионов водорода в растворах и представляет собой отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Согласно классической теории электролитической диссоциации, произведение концентрации водородных и гидроксильных ионов при определенной температуре представляет постоянную величину — константу диссоциации:

$$[H^+] \times [OH^-] = K_w,$$

(при температуре 20°C K_w равна 10^{-14}).

Нейтральность воды и водных растворов характеризуется равенством концентраций водородных и гидроксильных ионов, следовательно,

- при $[H^+] > 10^{-7}$, $[OH^-] < 10^{-7}$ растворы имеют *кислую реакцию*;
- при $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ — *нейтральную реакцию*;
- при $[H^+] < 10^{-7}$, $[OH^-] > 10^{-7}$ — *щелочную реакцию*.

В соответствии с этим в кислых растворах $pH < 7$, в нейтральных $pH = 7$, в щелочных $pH > 7$.

Водородный показатель играет важную роль в определении качества воды. В речных пресных водах его значение обычно колеблется от 6,5 до 8,5; в атмосферных осадках — от 4,6 до 6,1; в болотных водах — от 5,5 до 6,0; в воде океана — от 7,9 до 8,3; в шахтных и рудных водах иногда достигает 1,0; а в воде содовых озер и термальных источников — 10,0. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям — зимой водородный показатель для большинства речных вод составляет 6,8-7,4, летом — 7,4-8,2.

Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, протекающих в природных водах. От водородного показателя зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, степень агрессивности воды по отношению к металлам и бетону и др. На его величину влияют: повышенная концентрация в воде гуминовых кислот (например,

в водах болотного характера, подверженных гидролизу солей), «цветение» водоемов, загрязнение их стоками промышленных предприятий и другие факторы.

Постоянство рН, от которого зависит протекание в воде различных биологических и физико-химических процессов, поддерживается в природных водах гидрокарбонатной буферной системой, состоящей из растворенной в воде угольной кислоты H_2CO_3 , гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов.

Для определения рН воды применяются специальные реактивы — индикаторы, а также приборы — рН-метры со стеклянными электродами. С помощью универсальной индикаторной бумаги можно определить рН с точностью до 0,2–0,3 единиц рН. Измерение рН цветных растворов и суспензий индикаторным способом невозможно.

Электрометрический (потенциометрический) метод определения рН воды отличается большой точностью (до 0,02) и позволяет проводить исследование практически в любой воде независимо от ее окраски, мутности, солевого состава.

Метод основан на измерении разности потенциалов, возникающих на границах между внешней поверхностью стеклянной мембраны электрода и исследуемым раствором, с одной стороны, и внутренней поверхностью мембраны и стандартным раствором — с другой. Внутренний стандартный раствор стеклянного электрода имеет постоянную концентрацию ионов водорода, поэтому потенциал на внутренней поверхности мембраны не меняется. Измеряемая разность потенциалов определяется потенциалом, возникающим на границе внешней поверхности электрода и исследуемого раствора. Пределы линейной зависимости потенциала электрода от рН обусловлены свойствами стеклянного электрода. Стеклянный электрод применяют для измерения рН от 1 до 12,7.

Для измерения рН можно пользоваться потенциометрами (рН-метрами) различных марок. Стеклянные электроды этих приборов калибруются по буферным растворам.

Соединения железа, сероводорода, мышьяка, свободный хлор, взвешенные вещества и коллоиды на измерение концентрации ионов водорода в природных водах не влияют. Результат определения рН зависит от температуры воды.

ХОД РАБОТЫ

Перед измерением водородного показателя рН прибор проверяют по стандартным буферным растворам. Электроды промывают дистиллированной, затем исследуемой водой, после чего погружают в тщательно перемешанную исследуемую воду.

Величину потенциала стеклянного электрода отсчитывают в единицах рН, округляя до 0,05–0,1.

Для каждой пробы определение рН проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по общей, карбонатной и гидрокарбонатной щелочности

Оборудование, материалы: колба коническая емкостью 250 мл (2 шт.); пипетка емкостью 100 мл; капельница (2 шт.); бюретка на 100 мл; пробы воды; HCl, 0,1 н. раствор; метиловый оранжевый, 0,03%-ный раствор; фенолфталеин, 0,1%-ный раствор.

Щелочность воды обусловлена наличием в ней гидроксильных ионов OH^- , а также анионов HCO_3^- , CO_3^{2-} , HS^- , HSiO_3^- , SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} и других, представляющих соли слабой кислоты и сильного основания.

Щелочность большинства природных вод зависит в основном от содержания солей угольной кислоты (гидрокарбонатов и карбонатов). Поэтому различают обычно лишь гидрокарбонатную и карбонатную щелочность. Некоторые приемы обработки воды при рН выше 8,4 приводят к появлению гидратной щелочности.

ХОД РАБОТЫ

Определение общей щелочности производится титрованием и основано на реакции образования нейтральных солей при титровании воды соляной кислотой. Общая щелочность воды обусловлена присутствием ионов OH^- , HCOO^- , CO_3^{2-} .

К 100 мл исследуемой воды, отмеренной пипеткой в коническую колбу на 250 мл, добавляют 2–3 капли раствора фенолфталеина. Если появится розовая окраска, воду титруют 0,1 н. раствором соляной кислоты до обесцвечивания. Затем в ту же пробу добавляют 2–3 капли раствора метилового оранжевого и продолжают титрование 0,1 н. раствором соляной кислоты до перехода окраски из желтой в розовую. Записывают объем 0,1 н. раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование с фенолфталеином, и общий объем 0,1 н. раствора соляной кислоты, израсходованный на все титрование.

Общую щелочность A_{total} (мг-экв/дм³) воды вычисляют по формуле:

$$A_{total} = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2}$$

где V_1 — общий объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование взятого объема исследуемой воды, мл; V_2 — объем воды, взятой для исследования, мл; N — нормальность раствора соляной кислоты.

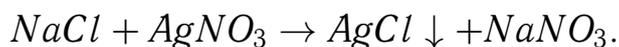
Для каждой пробы определение общей щелочности проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по содержанию хлоридов

Оборудование, конические колбы (250 мл); пипетки (10 мл);
материалы: цилиндры мерные (100 мл); бюретки для титрования; дистиллированная вода; 0,01 н раствор $AgNO_3$ (растворяют 1,6987 г $AgNO_3$ в 1 л дистиллированной воды); 0,01 н раствор $NaCl$ (готовится из фиксанала); 5%-ный раствор K_2CrO_4 ; пробы воды.

Высокая растворимость хлоридов объясняет широкое распространение их во всех природных водах. В проточных водоемах содержание хлоридов обычно невелико (20–30 мг/дм³). Незагрязненные грунтовые воды в местах с несолончаковой почвой обычно содержат до 30–50 мг/дм³ хлоридов. В водах, фильтрующихся через солончаковую почву, в 1 дм³ могут содержаться сотни и даже тысячи миллиграммов хлоридов. Вода, содержащая хлориды в концентрации более 350 мг/дм³, имеет солоноватый привкус, а при концентрации хлоридов 500–1000 мг/дм³ неблагоприятно влияет на желудочную секрецию. Повышенное содержание хлоридов является показателем загрязнения подземных и поверхностных водных источников и сточных вод. Определение хлоридов ведется по методу Мора.

Принцип метода Мора основан на осаждении хлоридов азотнокислым серебром $AgNO_3$ в присутствии хромата калия K_2CrO_4 . При наличии в растворе хлоридов $AgNO_3$ связывается с ними, а затем образует хромат серебра оранжево-красного цвета:



ХОД РАБОТЫ

Вначале устанавливают титр $AgNO_3$. Для этого в коническую колбу вместимостью 250 мл вносят 10 мл раствора $NaCl$ и 90 мл дистиллированной воды, прибавляют 5 капель K_2CrO_4 . Содержимое колбы титруют раствором $AgNO_3$ до перехода лимонно-желтой окраски мутного раствора в оранжево-красную, не исчезающую в течение 15–20 с.

Поправочный коэффициент к титру $AgNO_3$ рассчитывают по результатам трех титрований:

$$K = \frac{30}{P_1 + P_2 + P_3},$$

где P_1, P_2, P_3 — объем $AgNO_3$ использованный на каждое из трех титрований, мл.

При содержании хлоридов менее 250 мг/дм^3 берут 100 мл фильтрованной испытуемой воды. При большем содержании хлоридов берут 10-50 мл. Испытуемую воду наливают в две конические колбы, доводят до 100 мл дистиллированной водой, прибавляют 5 капель раствора K_2CrO_4 . Раствор в одной колбе титруют $AgNO_3$, а вторая колба используется для контроля.

Содержание хлоридов в воде рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{P \cdot K \cdot 0.355 \cdot 1000}{V},$$

где X — содержание хлоридов, мг/дм^3 ; P — количество раствора $AgNO_3$, истраченного на титрование, мл; K — поправочный коэффициент к титру; 0,355 — эквивалентное количество хлора, соответствующее 1 мл 0,01 н раствора $AgNO_3$, мг; V — объем исследуемой пробы, мл (дм^3).

Для каждой пробы определение хлоридов проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по общей жесткости

Оборудование, бюретка (1 шт.); пипетки: 15 мл (1 шт.), 100 мл (1 шт.); колба коническая 250 мл (1 шт.); капельница (1 шт.); мерный цилиндр 100 мл (1 шт.); раствор трилона Б $\approx 0,05 \text{ н}$; раствор $MgSO_4$ 0,05 н; аммиачный буферный раствор ($NH_4OH + NH_4Cl$); индикатор хромоген черный; пробы исследуемой воды.

Жесткость воды — это ее природное свойство, обусловленное содержанием в ней ионов кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} .

Различают *общую, карбонатную и некарбонатную жесткость воды*.

Общая жесткость (H_{total}) — это сумма карбонатной и некарбонатной жесткости воды.

Карбонатная жесткость (H_{carb}) — это жесткость воды, обусловленная присутствием в ней гидрокарбонатов и карбонатов кальция ($Ca(HCO_3)_2, CaCO_3$) и магния ($Mg(HCO_3)_2, MgCO_3$).

Часто карбонатную жесткость называют временной, т.к. из воды при кипячении легко удаляются труднорастворимые карбонат кальция $CaCO_3$ и гидроксид магния $Mg(OH)_2$ (последний образуется при подщелачивании воды, содержащей карбонат магния).

го буферного раствора ($NH_4OH + NH_4Cl$). В первую очередь связываются ионы кальция, а затем магния.

Определению мешают ионы меди ($> 0,002$ мг/дм³), марганца ($> 0,05$ мг/дм³), железа ($> 1,0$ мг/дм³), алюминия ($> 2,0$ мг/дм³).

ХОД РАБОТЫ

1. *Определение нормальности трилона Б* производится по стандартному 0,05 н раствору $MgSO_4$.

В коническую колбу отмеряют пипеткой 15 мл 0,05 н раствор $MgSO_4$, добавляют 85 мл дистиллированной воды (до 100 мл мерным цилиндром), приливают 5 мл аммиачного буферного раствора и 5 капель индикатора хромогена черного, после чего проводят медленное титрование при интенсивном взбалтывании раствором *трилона Б* ($\approx 0,05$ н).

Пробу титруют до появления голубой окраски от одной прилитой капли трилона Б, что свидетельствует об исчезновении ионов Mg^{2+} .

Дальнейшее прибавление *трилона Б* не изменяет голубой окраски раствора, поэтому следует внимательно следить за постепенным изменением окраски от винно-красной через переходные окраски (фиолетовую, грязно-синюю) до голубой.

Титрование проводится дважды. Поправочный коэффициент к нормальности *трилона Б* рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{n_{ml}(MgSO_4)}{n_{ml}(\text{Трилона Б})}$$

2. *Определение общей жесткости пробы.*

В коническую колбу отмеряют 100 мл испытуемой воды, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора, индикатор (в том же количестве, что и при определении поправочного коэффициента), и медленно при интенсивном помешивании титруют раствором *трилона Б* до переходной окраски. Определение повторяют и берут средний результат.

Вычисление общей жесткости (H_{total}) в мг-экв/дм³ производят по формуле:

$$H_{total} = \frac{n \cdot N \cdot K \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}, ml$$

где n — количество *трилона Б*, израсходованное на титрование, мл; N — нормальность *трилона Б*; K — поправочный коэффициент к нормальности *трилона Б*; V_1 — объем раствора *трилона Б* на титрование пробы воды, мл; V_2 — объем пробы, мл.

Мутные воды предварительно отфильтровывают, кислые — нейтрализуют щелочью.

2.1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДЫ

Показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды, делятся на две подгруппы:

1 подгруппа — *санитарно-микробиологические показатели*;

2 подгруппа — *санитарно-химические показатели*.

К первой подгруппе относятся: *микробное число, коли-индекс, коли-титр, наличие патогенных бактерий и вирусов*.

Микробное число — это общее число колоний, вырастающих в течение 24 часов при температуре 37 °С при посеве 1 см³ исследуемой воды, на 1,15%-ный мясо-пептонный агар.

Коли-индекс показывает количество кишечных палочек (коли) в 1 мл воды.

Коли-титр — это наименьшее количество воды, в котором обнаруживается хотя бы одна кишечная палочка. Многолетний опыт показал, что вода безопасна в эпидемиологическом отношении, если ее коли-индекс не выше 3.

Санитарно-микробиологические показатели являются основными показателями эпидемиологической безопасности воды. *Санитарно-химические показатели* относятся к косвенным показателям. Эти показатели характеризуют наличие органических веществ или продуктов их распада (*перманганатная и бихроматная окисляемость, биохимическое потребление кислорода, наличие в воде азотсодержащих веществ*). Для их определения применяют различные химические методы.

Перманганатная и бихроматная окисляемость показывают количество кислорода в окислителях (кислых растворах перманганата или бихромата калия), затраченное на окисление растворенного органического вещества.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) — количество растворенного кислорода, потребляемого на окисление органического вещества под действием микроорганизмов за определенный промежуток времени.

Наличие в воде азотсодержащих веществ: в природных водах суши соединения азота встречаются как в минеральных, так и в органических формах. К минеральным формам относятся ионы аммония NH_4^+ , нитриты NO_2^- , нитраты NO_3^- . Органические формы представлены низкомолекулярными соединениями (аминокислоты, амины, мочевины и др.). Концентрация азота в поверхностных водах суши колеблется от сотен микрограммов до единиц миллиграммов в дм³.

Соли аммония, азотистой и азотной кислоты, хлориды могут находиться в воде водоемов как продукты разложения органических остатков, фекалий и мочи. С ними могут поступать в водоем возбудители инфекционных заболеваний, поэтому эти вещества являются косвенными показателями эпидемиологической опасности воды. По количеству азотсодержащих соединений и по их соотношению судят о наличии загрязнения, его давности или постоянстве поступления загрязнений в водоем. Так, наличие в воде только солей аммония при соответствующих бактериологических данных является показателем свежего органического загрязнения водоисточника; присутствие в воде солей азотистой и азотной кислоты при отсутствии или следах солей аммония — показатель заканчивающегося самоочищения воды; наличие в воде всей триады азотсодержащих веществ — показатель постоянного загрязнения водоема органическими веществами.

Но необходимо учитывать и возможность природного содержания этих соединений в воде или попадания их с растительными остатками. В этом случае большое значение имеют динамические наблюдения за составом воды. О степени органического загрязнения воды можно судить по величине окисляемости воды. Высокая окисляемость или резкие колебания ее (вне сезона) могут указывать на постоянное поступление органических антропогенных загрязнений в водоем.

Оформление результатов исследований

Данные всех проведенных исследований по определению показателей качества исследуемых проб воды заносят в таблицу 2.1.4.

ЗАДАНИЕ

Определите качество исследуемых проб воды по показателям групп А и Б. Оцените пригодность источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения, используя данные проведенных исследований проб воды (табл. 2.1.4). Укажите причины появления в воде загрязняющих веществ и методы контроля содержания их в воде.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Как происходит загрязнение гидросферы?
- 2) Каковы особенности изучения абиотических факторов водных экосистем?
- 3) Как ведется отбор проб воды? Перечислите виды проб воды.
- 4) Назовите группы показателей определения качества воды. По каким показателям и свойствам определяется качество воды?

- 5) Назовите органолептические свойства воды и особенности их определения.
- 6) Назовите химические показатели качества воды и особенности их определения.
- 7) Назовите показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды, и особенности их определения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Денисова С.И. Полевая практика по экологии: Учеб, пособие. — Мн.: Універсітэцкае, 1999. — 120 с.
- 2) Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учебю пособие. — Мн.: Выш. школа, 1980. — 320 с.: ил.
- 3) Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. — 288 с.: ил.
- 4) Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь — справочник: Справ. пособие. — Брест: БГТУ, 2002. — 244 с.: ил.

Таблица 2.1.4 — Характеристика абиотических факторов водной среды

№ п/п	Абиотический фактор	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура, °С					
2	Прозрачность, см					
3	Осадок: -количеств. оценка -качествен. оценка					
4	Цветность, град.					
5	Запах, балл					
6	Интенсивность запаха, балл					
7	Вкус					
8	Интенсивность вкуса, балл					
9	Привкус					
10	Интенсивность привкуса, балл					
11	рН воды, мг-экв/дм ³					
12	Общая щелочность, мг-экв/дм ³					
13	Хлориды, мг/дм ³					
14	Общая жесткость, мг-экв/дм ³					

2.2 ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТЫ

Цель работы: установить порог повреждения живых клеток от экстремальных температур, изучить действие солей тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявить разницу их устойчивости.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Жизнь на Земле сформировалась под действием условий среды. Последняя представляет собой совокупность энергии, материальных тел, явлений, которые находятся во взаимодействии (прямом и косвенном). Понятие это очень обширное: от космических воздействий Вселенной на Солнечную систему, влияния Солнца, как основного источника энергии, на земные процессы до непосредственных воздействий окружающей среды (в том числе и человека) на отдельную особь, популяцию, сообщество. В понятие условий среды входят компоненты, не влияющие или мало влияющие на жизнедеятельность организмов (инертные газы атмосферы, абиогенные элементы земной коры) и те, которые существенно влияют на жизнедеятельность биоты. Их называют экологическими факторами (свет, температура, вода, движения воздуха и его состав, свойства почв, засоление, радиоактивность и др.). Экологические факторы действуют совместно, хотя в ряде случаев один фактор преобладает над другими и является определяющим в ответных реакциях живых организмов (например, температура в арктической и субарктической зонах или пустынях).

Все экологические факторы воспринимаются разными видами организмов по-разному. Однако все действия проходят через клетки и их компоненты, межклеточные и тканевые взаимодействия выражаются в определенных реакциях изменения метаболизма, функций и, в конце концов, морфологических изменений организмов и их сообществ. Большую роль в восприятии экологических факторов играют мембраны клеток, цитоплазма и различные органеллы.

Действия стрессовых экологических факторов выражаются в изменении или нарушении структур клеток, тканей и физиологических функций всего организма, популяций, сообществ. Эти изменения определяются как силой и характером действия самого фактора, так и устойчивостью организма. В данной лабораторной работе предлагается провести исследования по действию экологических факторов на клетку и организм: абиотических (высокие температуры) и антропогенных (солей тяжелых металлов). Влияние факторов выражается в изменении проницаемости покровных тканей листа (при проникновении кислоты, при действии высоких температур),

изменении в компонентах клетки (плазмолиз, разрушение хлорофилла, его *феофитинизация*¹, коагуляция белка), а также в нарушении жизнедеятельности отдельных органов растений (листья, побеги).

При использовании в работах солей тяжелых металлов применяют их концентрации, которые редко встречаются в природе, однако при лабораторных экспериментах увеличение концентрации в несколько раз (иногда в 10) общепринято, иначе эффект получается нечеткий.

2.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Оборудование, *водяная баня; термометр; пинцет; чашки Петри (5 шт.); стакан с водой; тонкая проволока;*
материалы: *карандаш по стеклу; 0,2 н раствор соляной кислоты HCl; свежие листья древесных растений.*

Температура один из основных экологических факторов на Земле. Она меняется в широком диапазоне в зависимости от природных зон и конкретных условий (вулканическая деятельность, горячие источники, выброс тепла энергетическими установками и др.). Разные типы растений по-разному относятся к этому фактору. Так, *C₄-растения*² выдерживают более высокие температуры, чем *C₃ растения*³. В пределах последней группы также имеются большие различия.

Работа проводится с группой древесных или комнатных растений различных видов, встречающихся в озеленительных посадках данной местности или помещениях. Это дает возможность построить ряд растительных видов по степени устойчивости к высоким температурам, выявить наиболее устойчивые из них, что очень важно для создания озеленительных зон предприятий, уличных посадок в районах с жарким летом или озеленения помещений. В связи с этим студентам дается задание принести по 5–6 свежих листьев от различных древесных пород или комнатных растений, обернув концы черешков в мокрую вату, фольгу, а все листья поместив в целлофан (комнатные растения используются в крайнем случае). Принцип

¹*Феофитинизация* — смена окраски с зеленой на бурую. Феофитин — окисленная форма хлорофилла образуется при действии кислот (например, кислот дождей). При этом в молекуле хлорофилла магний заменяется на водород, что ведет к смене окраски и потере оптических свойств.

²*C₄-растения* — растительные организмы, у которых продуктами фиксации углекислого газа CO₂ являются четырехуглеродистые органические кислоты и аминокислоты. Это преимущественно тропические растения: кукуруза, сорго, сахарный тростник и др., и ряд злаковых растений умеренных широт. Такие растения отличаются очень высокой интенсивностью фотосинтеза, устойчивы к высоким температурам (оптимум температуры +35 — +45 °С, максимум — +45 — +60 °С), эффективно используют воду, хорошо переносят стрессовые ситуации — засуху, засоление и др., отличаются повышенной интенсивностью всех физиологических процессов, что определяет их очень высокую биологическую и хозяйственную продуктивность.

³*C₃-растения* — большинство растений Земли, осуществляющие C₃ — путь фиксации CO₂ в процессе фотосинтеза, в результате чего образуются трехуглеродистые соединения (глюкоза и др.). Это преимущественно растения умеренных широт, оптимум температуры которых +20 — +25 °С, а максимум — +35 — +45 °С

метода предложен Ф.Ф. Майковым и основан на установлении порога повреждения живых клеток от экстремальных температур. Если подвергнуть листья действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызовет превращение хлорофилла в феофитин (бурого цвета), тогда как неповрежденные клетки останутся зелеными. У растений, имеющих кислый клеточный сок, феофитинизация может произойти и без обработки соляной кислотой, т.к. при нарушении полупроницаемости тонопласта органические кислоты проникают из клеточного сока в цитоплазму и вытесняют магний из молекулы хлорофилла.

Данную работу лучше проводить в первую половину вегетации, когда не наблюдается естественного разрушения хлорофилла у древесных пород. В период вынужденного покоя (февраль — апрель) листья можно получить путем прогрева веток в теплой воде и дальнейшего распускания листьев в воде комнатной температуры. Можно также использовать набор листьев разных видов комнатных растений.

ХОД РАБОТЫ

Перед занятием нагревают водяную баню до 40 °С. В начале занятия погружают в нее пучок из листьев исследуемых растений (по 5-6 листьев каждого исследуемого объекта), скрепив черешки провололочкой. Выдерживают листья в воде в течение 30 мин., поддерживая температуру на уровне 40 °С. Затем берут первую пробу: отрывают по одному листу каждого вида растений и помещают в чашку Петри с холодной водой. После охлаждения листья берут пинцетом, переносят их в чашку с соляной кислотой *HCl* и оставляют на 30 мин.

Одновременно температуру в водяной бане поднимают до 50 °С и через 10 мин. после этого извлекают из нее еще по одному листу, повторив операцию и перенеся охлажденные в воде листья в новую чашку Петри с *HCl*.

Так постепенно доводят температуру до 80 °С, беря пробы через каждые 10 мин., при повышении температуры на 10 °С. Через 20 мин. после погружения листьев в *HCl* определяют степень повреждения по количеству бурых пятен.

Оформление результатов исследований

Результаты исследований по разным древесным или комнатным растениям записывают в таблицу 2.2.1, обозначив отсутствие побурения зна-

ком «-», слабое побурение — «+», побурение более 50% площади листа — «++» и сплошное побурение — «+++».

Таблица 2.2.1 — Влияние температуры на устойчивость растений

№ п/п	Название объекта	Степень повреждения листьев				
		40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
1						
2						
3						

ЗАДАНИЕ

Постройте ряд термостойкости древесных или комнатных растений по степени убывания. Сделайте соответствующие выводы об устойчивости разных видов растений к высоким температурам, как одному из абиотических экологических факторов.

2.2.2 ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА КОАГУЛЯЦИЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ЖИВОТНЫХ БЕЛКОВ

Оборудование, реактивы, материалы: пробирки (16 шт.); пузырьки из-под пенициллина (8 шт.), стаканчик (1 шт.); пипетка на 1 мл (1 шт.); пипетка аптечная (2 шт.); стеклотраф; фильтровальная бумага; 5%-ный раствор CuSO_4 ; 5%-ный раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ дистиллированная вода; животный белок (куриного яйца); растительный белок (зернового гороха).

Данная лабораторная работа наглядно показывает действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде, т.е. подвергаются коагуляции⁴.

⁴**Коагуляция** — процесс укрупнения коллоидной и некоторых более грубых дисперсных систем, вызванный нарушением их устойчивого состояния. В процессе коагулирования коллоидные частицы слипаются, увеличиваются до таких размеров, что теряют коллоидные свойства и выпадают в виде осадка или превращаются в студенистые гели.

Таблица 2.2.2 — Характер коагуляции белков

Salt	Концентрация раствора соли			
	5%	2.5%	1.25%	0.62%
а) Действие солей на животный белок				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				
б) Действие солей на растительный белок				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				

ХОД РАБОТЫ

Для проведения исследований приготавливают растворы животного и растительного белков:

- *раствор животного белка*: у куриного яйца отделяют белок в мерный стаканчик, размешивают его стеклянной палочкой в дистиллированной воде в соотношении 1:10, затем профильтровывают;
- *раствор растительного белка*: зерновой вызревший горох перемалывают в муку в кофемолке, разводят в соотношении: 10 г гороховой муки на 50 мл 10%-ного раствора $NaCl$ или KCl , затем профильтровывают.

В пузырьках от пенициллина готовят серию растворов сульфата меди $CuSO_4$ и нитрата свинца $Pb(NO_3)_2$ из исходных 5%-ных растворов: 2.5%; 1.25%, 0.62%.

В 8 пробирок пипеткой вносят по 1 мл животного белка, а в другие 8 — по 1 мл растительного белка (все пробирки помечают стеклоглафом соответствующими номерами).

В каждую пробирку добавляют по 2 капли одного из указанных растворов испытуемых солей: $CuSO_4$ — 5%; 2.5%; 1.25%; 0.62% and $Pb(NO_3)_2$ — 5%; 2.5%; 1.25%; 0.62%.

Характер коагуляции рассматривают на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

Оформление результатов исследований

Проведенные исследования оформляют в виде таблицы 2.2.2.

ЗАДАНИЕ

Определите концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков).

В выводе отразите ответы на следующие вопросы:

- 1) На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее всего действует:
 - а) $CuSO_4$;
 - б) $Pb(NO_3)_2$?
- 2) Какая соль (свинца или меди) сильнее действует:
 - а) на животный белок;
 - б) на растительный белок? Почему?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что понимается под терминами «среда» и «условия среды»?
- 2) Как проявляют себя живые организмы под воздействием экологических факторов?
- 3) Охарактеризуйте C_3 - и C_4 -растения.
- 4) Для чего выявляются термоустойчивые виды растительных организмов?
- 5) Дайте объяснение понятию «коагуляция».

ЛИТЕРАТУРА

- 1) 1. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. — 288 с.: ил.
- 2) 2. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь — справочник: Справ. пособие. — Брест: БГТУ, 2002. — 244 с.: ил.

2.3 БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель работы: ознакомиться с методом лишеноиндикации загрязнений, оценить комплексное воздействие промышленных выбросов в обследуемом районе по наличию, обилию и разнообразию видов лишайников.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Биоиндикация — это метод обнаружения и оценки воздействия абиотических и биотических факторов на живые организмы при помощи биологических систем.

Живые организмы в той или иной степени реагируют на изменения окружающей среды. В ряде случаев это нельзя выявить физическими или химическими методами, т.к. разрешающие возможности приборов или химических анализов ограничены. Этими методами может быть обнаружен, например, эффект биологического накопления отдельных токсических веществ в организмах растений и животных. Чувствительные же организмы-биоиндикаторы реагируют не только на малые дозы экологического фактора, но и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов, выявляя *синергизм*¹, *эмерджентность*², *ингибирование*³.

Выделяют два основных метода биоиндикации: *пассивный* и *активный*. С помощью *пассивного метода* исследуют видимые или незаметные повреждения и отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия. *Активный мониторинг* используют для обнаружения ответной реакции наиболее чувствительных к данному фактору организмов (биотестирование). Это может быть как один фактор (сернистый газ), или как многокомпонентная смесь (выхлопные газы автотранспорта).

Биоиндикация может проводиться на уровне макромолекул, клетки, организма, популяции, сообщества и экосистемы.

Существует биоиндикация *специфическая* (реакция только на один фактор) и *неспецифическая* (одна и та же реакция на многие факторы). Чувствительными биоиндикаторами могут служить как отдельные процессы в клетке и организме, так и морфологические изменения.

В порядке возрастания *толерантности*⁴ к загрязнениям растительные организмы располагаются следующим образом: грибы, лишайники,

¹ *Синергизм* — совместное действие или суммирование составляющих целого.

² *Эмерджентность* — наличие у системного целого особых новых свойств, не присущих его частям (целое больше суммы его частей). Например, водород и кислород, соединяясь в определенном соотношении, образуют воду, жидкость, не похожую на свойства исходных газов. Т.е. части интегрируются, обуславливая появление уникальных свойств. Принцип эмерджентности учитывается при проведении экологической экспертизы и экологическом прогнозировании.

³ *Ингибирование* — торможение или замедление жизненных процессов (роста, метаболизма).

⁴ *Толерантность* — устойчивость организма к действию экологического фактора.

хвойные, травянистые растения, листопадные деревья. Среди сельскохозяйственных культур наиболее чувствительны салат, люцерна, злаковые, крестоцветные, а к нечувствительным видам относят кукурузу, виноград, розоцветные, подорожник. Указанные градации не являются одинаковыми для всех видов загрязнителей среды, т.к. их воздействие разное и выявление специфических биоиндикаторов на тот или иной фактор придает самому методу новый научный аспект, который дает возможность сделать его более точным и информативным.

Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха

Информативными основными биоиндикаторами состояния воздушной среды и ее изменения являются низшие растения: мхи и лишайники, которые накапливают в своем слоевище (таллومه) многие загрязнители (серу, фтор, радиоактивные вещества, тяжелые металлы). Лишайники очень нетребовательны к факторам внешней среды, они поселяются на голых скалах, бедной почве, стволах деревьев, мертвой древесине, однако для своего нормального функционирования они нуждаются в чистом воздухе. Особенно чувствительны они к сернистому газу. Малейшее загрязнение атмосферы, не влияющее на большинство растений, вызывает массовую гибель чувствительных видов лишайников. Они исчезают, как только концентрация сернистого газа достигнет 35 млрд^{-1} (среднее его содержание в атмосфере крупных городов свыше 100 млрд^{-1}). Не удивительно поэтому, что большинство лишайников уже исчезло из центральных зон городов. На них также избирательно действуют вещества, увеличивающие кислотность среды (O_2 , O_3 , H_2 , HCl , N_2). Для лишайников сравнительно безвредны тяжелые металлы (Pb , Zn , Cu), накапливающиеся в слоевище в значительных количествах, а также естественные и искусственные радиоактивные изотопы. Лишайники используются для *биоиндикации*⁵ изменения антропогенного загрязнения среды в пространстве и *биомониторинга*⁶ изменений антропогенного загрязнения среды во времени. С помощью лишайников можно оценить комплексное действие промышленных выбросов в обследуемом районе.

Научное направление биомониторинга за состоянием воздушной среды при помощи лишайников называется *лихеноиндикацией*.

Лишайники — это симбиоз водоросли и гриба. Они чувствительны к загрязнению среды в силу следующих причин:

- 1) У лишайников отсутствует непроницаемая кутикула, благодаря чему обмен газов происходит свободно через всю поверхность.

⁵ **Биоиндикация** — использование особо чувствительных организмов для обнаружения загрязнителей или других агентов в окружающей среде.

⁶ **Биомониторинг** — слежение за качеством всех слагаемых окружающей среды и состоянием биологических объектов.

- 2) Большинство токсических газов концентрируются в дождевой воде, а лишайники впитывают воду всем слоевищем, в отличие от цветковых растений, которые поглощают воду преимущественно корнями.
- 3) Большинство цветковых растений в наших широтах активны только летом, когда уровень загрязнения сернистым газом намного ниже (вследствие уменьшения сжигания угля в топках — основного источника сернистого газа), в то время как лишайники обладают способностью к росту и при температурах ниже 0°C.

В отличие от цветковых растений лишайники способны избавляться от пораженных токсическими веществами частей своего таллома каждый год. В городах с загрязненной атмосферой они редки, главный враг лишайников в городах — сернистый газ. Установлено, что чем выше уровень загрязнения природной среды сернистым газом, тем больше серы накапливается в слоевище лишайников, причем живое слоевище аккумулирует серу из среды интенсивнее, чем мертвое. Особенно удобны лишайники в качестве биоиндикаторов небольшого загрязнения окружающей среды. Наиболее чувствительным симбионтом в талломе лишайников является водоросль.

В мире насчитывается около 26 тысяч видов лишайников. Они различаются по зонам произрастания (тундра, лесная зона и т.д.), видам субстрата (камни, скалы, стволы и ветви деревьев, почва). У лишайников, растущих на деревьях, видовой состав различается в зависимости от активной реакции среды (рН) коры. Лишайники исчезают, в первую очередь, с деревьев, имеющих кислую кору (береза, хвойные), затем с деревьев с нейтральной корой (дуб, клен) и позже всего — с деревьев, имеющих слабощелочную кору (вяз мелколистный, акация желтая). В лишайниковых типах леса, доминируют кустистые лишайники (*Кладония*, *Цетрария*), длинными бородами с ветвей деревьев свисает *Уснея*, которая является наиболее чувствительным видом и растет в лесах только с чистой атмосферой.

Среди жизненных форм лишайников различают:

- 1) *Накипные* (слоевище имеет вид корочек) — например, *Бацидиум фисция*.
- 2) *Листоватые* (слоевище имеет вид пластинок) — например, *Пармелия*, *Степная золотянка*, *Гипогимния*.
- 3) *Кустистые* (слоевище имеет вид кустиков или свисающих «бород», иногда до 1-2 м длиной) — например, *Уснея*, *Бриория*, *Кладония*, *Цетрария*.

Наиболее чувствительны, к загрязнению воздушной среды кустистые и листоватые лишайники (исчезают полностью), наименее — накипные.

Лишайники (особенно *Бриория*, *Пармелия*, *Уснея*) являются пищей ряда животных (косуль, оленей), а *Кладония* — основная пища северного оленя. Разрушение и исчезновение лишайникового покрова в связи с за-

грязнением территории под влиянием промышленности и транспорта нарушает основные пищевые цепи и приводит к исчезновению ряда животных (особенно оленей).

ХОД РАБОТЫ

Оборудование, гербарий видового разнообразия лишайников;
материалы: линейка (100 см).

В данной лабораторной работе предлагается провести биоиндикацию территории с помощью лишайников с целью сбора информации о загрязненности атмосферного воздуха сернистым газом.

Трансекту длиной в 2–3 км удобно разместить перпендикулярно насыщенной автотранспортом дороге, примыкающей к лесному массиву, состоящему из небольшого разнообразия древесных видов (например, сосна с примесью березы или дубовое насаждение с примесью клена).

Трансекта разбивается на ряд участков:

- 1) возле дороги;
- 2) в 100 м;
- 3) в 300 м;
- 4) в 500 м;
- 5) в 1000 м;
- 6) в 2000–3000 м от дороги.

Каждый участок разбивается на квадраты определенного размера 20х20 м, 50х50 м или 100х100 м (в зависимости от разреженности насаждения).

На каждом квадрате учитываются следующие параметры:

- 1) общее число видов лишайников;
- 2) степень покрытия слоевищами лишайников каждого дерева;
- 3) частота (встречаемость) каждого вида;
- 4) обилие каждого вида.

Картирование лишайников по мелким квадратам дает возможность оценить состояние воздуха и указать местоположение источников выбросов. При этом используются как *количественные показатели* (процент покрытия слоевищами каждого вида или избранных видов поверхности ствола, размеры слоевищ, доля поврежденных слоевищ и т.п.), так и *качественные критерии* (наличие или отсутствие определенных видов лишайников, изменение их состава, группировок и т.п.). Для оценки степени покрытия выбираются не наклоненные отдельно стоящие деревья, у которых на высоте 30–150 см проводится учет лишайников по наиболее заросшей ими части коры. Сравнимые результаты могут быть получены, если при выборе деревьев ориентируются на разные виды, а затем рассчитывается средняя степень покрытия для каждого квадрата съемки.

Частота встречаемости лишайников и степень покрытия или субстрата может оцениваться следующим образом (табл. 2.3.1).

Таблица 2.3.1 — Градации частоты встречаемости и степени покрытия

Оценка	Частота встречаемости	Степень покрытия
1	Очень редкая	Очень низкая
2	Редкая	Низкая
3	Небольшая	Средняя
4	Большая	Большая
5	Очень высокая	Очень большая (встречается на большинстве деревьев)

Лихеноиндикацию можно проводить *методом активного мониторинга*. Суть его заключается в том, что действие загрязнителей определяется по характеру реакции трансплантированных из «чистых» местообитаний слоевищ лишайников. Для этой цели лучше всего использовать деревянные дощечки с круглыми углублениями, в которых стальным стержнем закрепляются лишайники. После этого готовая конструкция выставляется в исследуемой местности с соблюдением как можно больше одинаковых условий (экспозиция, высота и т.п.). При необходимости фрагменты лишайника могут оцениваться как по внешним повреждениям (изменение окраски, обесцвечивание лопастей и др.), так и по физиолого-биохимическим показателям.

Оформление результатов исследований

Результаты наблюдений и исследований заносятся в таблицу 2.3.2.

ЗАДАНИЕ

С помощью метода лихеноиндикации оцените состояние атмосферного воздуха в исследуемом районе. Разбив обследуемую трансекту на квадраты, проведите анализ территории, учитывая следующие параметры: 1) общее число видов лишайников; 2) степень покрытия слоевищами лишайников каждого дерева; 3) частота (встречаемость) каждого вида; 4) обилие каждого вида. Сделайте вывод об общем загрязнении атмосферного воздуха и о его загрязненности сернистым газом, используя таблицы 2.3.3 и 2.3.4.

Лихеноиндикация не дает точных количественных сведений об уровне загрязнения воздуха. Следует учитывать, что ряд видов гибнет

Таблица 2.3.2 — Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Описание площадки обследуемого квадрата	№ дерева, покрытого слоевищами лишайников	Площадь покрытия слоевищами лишайников на высоте 30–150 см, %	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
			кустистые	листоватые	накипные

Таблица 2.3.3 — Лихеноиндикация степени загрязнения воздуха

Зона	Загрязнение	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		кустистые	листоватые	накипные
1	Нет	+	+	+
2	Слабое	-	+	-
3	Среднее	-	-	+
4	Сильное (лишайниковая пустыня)	-	-	-

уже при малых концентрациях загрязнителя, часто не достигающих установленных санитарных норм. Исчезновение лишайников — это сигнал о надвигающейся опасности для окружающей среды.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое биоиндикация и лишеноиндикация?
- 2) Назовите жизненные формы лишайников.
- 3) Как проводится активный мониторинг в лишеноиндикации?
- 4) Как определяется загрязнение воздуха с помощью лишеноиндикации?

Таблица 2.3.4 — Влияние загрязнения среды на встречаемость лишайников

Зона загрязнения	Оценка встречаемости лишайников	Загрязнение воздуха сернистым газом, мг/м ³	Оценка загрязнения
1	Лишайники на деревьях и камнях отсутствуют	Больше 0.3–0.5	Сильное загрязнение
2	Лишайники также отсутствуют на стволах деревьев и камнях. На северной стороне деревьев и в затененных местах встречается зеленоватый налет водоросли <i>Плеврококкус</i>	Около 0.3	Довольно сильное
3	Появление на стволах и у основания деревьев серо-зеленоватых твердых накипных лишайников <i>Леканоры</i> , <i>Фисции</i>	От 0.05 до 0.2	Среднее
4	Развитие накипных лишайников — <i>Леканоры</i> и др., водоросли <i>Плеврококкуса</i> , появление листоватых лишайников (<i>Пармелия</i>)	Не превышает 0.05	Небольшое
5	Появление кустистых лишайников (<i>Эвернии</i> , <i>Уснеи</i>)	Малое содержание	Воздух очень чистый

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шурберта. — М., 1998.
- 2) Денисова С.И. Полевая практика по экологии: Учеб. пособие. — Мн.: Універсітэцкае, 1999. — 120 с.
- 3) Одум Ю. Основы экологии. — М.: Высш. школа, 1975.
- 4) Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. — 288 с.: ил.
- 5) Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь — справочник: Справ. пособие. — Брест: БГТУ, 2002. — 244 с.: ил.

2.4 КАЧЕСТВЕННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, КАК ВОЗМОЖНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПОЧВ И СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Цель работы: научиться проводить качественное распознавание минеральных удобрений, как возможных загрязнителей *педосферы*¹ и сельхозпродукции.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Неправильное и избыточное внесение минеральных удобрений, способы их хранения являются причиной загрязнения почв и сельхозпродукции. Водорастворимые формы азотных удобрений стекают в пруды, реки, ручьи, достигают грунтовых вод, вызывая повышенное содержание в них нитратов, что неблагоприятно сказывается на здоровье человека.

Очень часто удобрения вносят в почву неочищенными, что является причиной загрязнения почв радиоактивными (например, изотопами калия при использовании калийных удобрений), а также токсическими веществами. Различные формы суперфосфатов, обладая кислой реакцией, способствуют подкислению почвы, что нежелательно для районов, где рН почвы понижена. Избыточное количество фосфорных удобрений, смываемых в стоячие и медленно текущие воды, вызывает развитие большого количества водорослей и другой растительности, что ухудшает кислородный режим водоемов и способствует их зарастанию.

В ряде случаев удобрения перевозятся без надлежащей упаковки, хранятся без укрытий на окраинах полей, где они слеживаются, загрязняются и становятся по внешнему виду весьма схожими между собой. В связи с этим современный эколог должен уметь распознавать удобрения по внешнему виду и простым качественным реакциям.

Наиболее распространенные удобрения

Азотные удобрения

Чаще всего применяется *аммиачная селитра* — NH_4NO_3 и *мочевина* NH_2CONH_2 . Употребляется также *сульфат аммония* — NH_4SO_4 . В защищенном грунте применяется *нитрат кальция* — $Ca(NO_3)_2$ и *нитрат калия* — KNO_3 .

¹*Педосфера* — самостоятельная земная оболочка — почвенный покров, или по В.И. Вернадскому, кора выветривания — часть биосферы. Пограничное образование между аэриобиосферой, террабиосферой и литобиосферой, формируется и зависит от состояния среды всех трех подсфер, поэтому оказывается наиболее уязвимой и ранимой при нарушении любой из них.

Фосфорные удобрения

Наиболее распространен простой *гранулированный суперфосфат* — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и *двойной гранулированный суперфосфат* — $\text{Ca}_2(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$. Употребляется также *фосфоритная мука* — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Калийные удобрения

Применяется, в основном, *хлористый калий* — KCl , *азотнокислый калий* — KNO_3 или *сульфат калия* K_2SO_4 . Меньше употребляются двойные удобрения: *сильвинит* — $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ и *калимаг* $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$.

Известковые удобрения

К ним относятся известковые материалы, содержащие не менее 50% CaCO_3 . Это — *известковая мука* из туфа, *доломитовая мука*, *мел*, *известь озерная* и др. Действие их заключается в нейтрализации почвенной кислотности, улучшении условий для жизнедеятельности микроорганизмов и физических свойств почвы.

ХОД РАБОТЫ

Оборудование, реактивы, материалы: пробирки (12 шт.); штативы для пробирок; небольшие ступки с пестиками; капельницы или индивидуальные пипетки для каждого реактива; щипцы муфельные; пинцеты длинные; электроплитка; газовая горелка или спиртовка; кусочки древесного угля; индикаторная бумага; дистиллированная вода; 8–10%-ная щелочь КОН или NaOH; 5%-ный раствор хлористого бария; концентрированная соляная кислота; 2%-ная соляная кислота; уксусная кислота (ледяная, разбавленная в 10 раз); 1–2%-ный раствор азотнокислого серебра; раствор йода в йодистом калии (20 г KI растворяют в 20 мл дистиллированной воды, добавляют 6,35 г кристаллического йода. Раствор переносят в мерную колбу на 50 мл, доводят до метки); несколько видов наиболее распространенных удобрений (без подписей).

Работу начинают с определения внешних признаков удобрений: консистенции, цвета, запаха. Затем выясняют растворимость и проводят соответствующие качественные реакции с каждым определяемым удобрением.

Внешние признаки

Консистенция. Удобрение может быть *кристаллическим* (мелко- и крупно-), *аморфным*, а также *в виде гранул*. К кристаллическим удобрениям относятся все азотные (за исключением цианамид кальция) и все калийные, к аморфным — все фосфорные и известковые. Фосфорные удобрения часто гранулируются (суперфосфаты).

Цвет удобрения устанавливается путем тщательного осмотра. Признак может несколько изменяться при транспортировке, при загрязнении пылью, а также в зависимости от технологии производства. Очищенные удобрения имеют характерный цвет.

Запах. Почти все удобрения имеют запах, но часто не стойкий, лишь цианамид кальция пахнет керосином.

Растворимость в воде

Помещают в пробирку 1–2 г удобрения, добавляют 15–20 мл дистиллированной воды и хорошо взбалтывают. Наблюдают следующие градации:

- a) полностью растворимо;
- b) заметно растворимо (растворяется не менее половины взятого удобрения);
- c) слабо растворимо (растворяется менее половины взятого удобрения);
- d) нерастворимо.

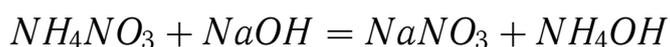
Если при взбалтывании образовалась обильная муть, заполнившая пробирку, то удобрение *слабо растворимо*.

К *полностью растворимым* и *заметно растворимым* относятся все азотные удобрения, а также калийные. К *нерастворимым* или *слабо растворимым* — все фосфорные и известковые.

Если удобрение растворилось полностью, то раствор разливают в пробирки и выявляют в нем наличие того или иного катиона или аниона, определяют ряд дополнительных показателей, а затем отыскивают название удобрения по схеме.

Реакция со щелочью

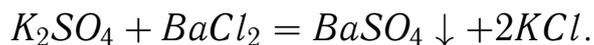
В раствор удобрения приливают несколько капель 8–10%-ного раствора щелочи (*KOH* или *NaOH*). В присутствии аммиака при взбалтывании ощущается его выделение по специфическому запаху:





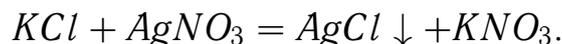
Реакция с хлористым барием

В пробирку с раствором удобрения прибавляют несколько капель 5%-ного раствора хлористого бария $BaCl_2$. При наличии в удобрении иона SO_4^{2-} выпадает творожистый белый осадок $BaSO_4$, нерастворимый в уксусной кислоте. Убедиться в нерастворимости осадка, добавив кислоту.

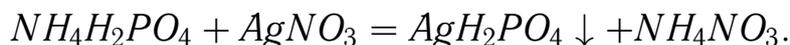


Реакция с азотнокислым серебром

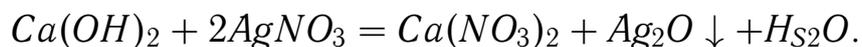
К водному раствору удобрения прибавляют 2–3 капли 1–2%-ного раствора $AgNO_3$ и содержимое пробирки встряхивают. Реакция служит для обнаружения хлора (белый дымчатый осадок $AgCl$, нерастворимый в уксусной кислоте).



Фосфорные удобрения образуют с $AgNO_3$ желтоватый осадок, растворимый в уксусной кислоте.



Реакция с $AgNO_3$ также используется для анализа известковых удобрений. Так, с негашеной и гашеной известью азотнокислое серебро дает бурый осадок закиси серебра, который растворим в уксусной кислоте.



Проба на раскаленном угле

Угольки размером с орех нагревают на электроплитке, затем берут щипцами или пинцетом, раскаляют в пламени спиртовки докрасна. На уголек насыпают щепотку удобрения, предварительно растертого в ступке и помещенного в узенькую ложечку из фольги. Наблюдают за быстротой сгорания появлением дыма, цветом пламени, запахом. Аммиачные удобрения распознают по запаху аммиака, нитратные соединения дают вспышку, калийные потрескивают.

Если удобрение вспыхивает — это *селитра*. По *цвету пламени* различают следующие селитры:

- *натриевая* — сгорает желто-оранжевым пламенем;
- *калийная* — фиолетовым;
- *аммиачная* — дает бесцветное пламя, а иногда плавится, кипит с выделением аммиака.

Азотные удобрения, содержащие амидную (NH_2) и аммонийную (NH_4) группы, на раскаленном угле сгорают с выделением белого дыма и запаха аммиака. Кристаллики калийных удобрений на раскаленном угле не вспыхивают, а только слегка потрескивают и «подпрыгивают». Следует заметить, что если уголек плохо раскален (не докрасна), а кристаллики крупные, они могут лежать на угле без всяких изменений.

Фосфорные, известковые удобрения, гипс не изменяются на раскаленном угле.

Реакция с кислотой

В пробирку или фарфоровую чашку помещают немного сухого удобрения и капают на удобрение 2–10%-ный раствор соляной или уксусной кислоты. Если удобрение вскипает от выделяющегося углекислого газа, то оно представляет собой карбонат или содержит значительную примесь карбоната. К таким удобрениям относятся известковые материалы, зола и др.

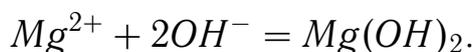


Реакция водной вытяжки

5 г удобрения помещают в коническую колбу, добавляют 50 мл дистиллированной воды и хорошо взбалтывают. Раствор фильтруют через бумажный фильтр. В пробирку с полученной водной вытяжкой из удобрений помещают полоску индикаторной бумаги (определение рН вытяжки можно также провести на лабораторном ионметре, или рН-метре). Суперфосфат имеет кислую реакцию за счет гипса. Другие удобрения имеют щелочную реакцию (цианомид кальция, томасшлак, известковые удобрения), у третьих — реакция нейтральная.

Определение магния в удобрениях

Данное определение проводят с помощью раствора йода в йодистом калии KI . Ионы магния с гидроксильным ионом воды образуют малорастворимую гидроокись магния:



Гидроокись магния с йодом дает красно-бурую окраску. Так определяют калийные и известковые, содержащие магний, удобрения.

Определение калийных удобрений, содержащих магний

В фарфоровую чашку помещают 1–2 капли йода и 1–2 капли щелочи KOH или $NaOH$ (появляется бледно-желтая окраска), приливают 1–2 капли раствора удобрения. Если в удобрении содержится магний, то окраска становится красно-бурой.

Определение известковых удобрений, содержащих магний

В пробирку с 2–3 г удобрения приливают 2–3 мл уксусной кислоты, взбалтывают и дают отстояться. Затем анализ проводят так же, как описано выше. Содержащие магний известняки окрашивают раствор в красно-бурый цвет, а не содержащие магния дают желтую окраску раствора.

Оформление результатов исследований

Полученные результаты определений записывают в таблицу 2.4.1.

Таблица 2.4.1 — Запись наблюдений

№ п/п	Внешние признаки			Растворимость в воде	Реакция со щелочью	Реакция с $BaCl_2$	Реакция с $AgNO_3$	Реакция на угле	Реакция с кислотой	рН водной вытяжки	Наличие Mg^{2+}
	Консистенция	Цвет	Запах								
1											
2											
3											
4											

ЗАДАНИЕ

Пользуясь приведенной ниже схемой определения, определите название предложенных удобрений. Сделайте соответствующие выводы.

Схема определения удобрений по качественным реакциям

1. Удобрение растворимо в воде _____ 2
Удобрение в воде растворимо незначительно или почти нерастворимо _____ 7

2. На угле вспыхивает _____ 3
На угле не вспыхивает _____ 4

3. Не дает запаха аммиака ни на угле, ни со щелочью. Сгорает желто-оранжевым пламенем; бесцветные, прозрачные кристаллы с сероватым или желтоватым оттенком, горько-соленые на вкус: *натриевая селитра* — $NaNO_3$.

Сгорает фиолетовым пламенем, белые кристаллы с желтовато-сероватым оттенком: *калиевая селитра* — KNO_3 .

Дает запах аммиака не только на угле, но и со щелочью. С $BaCl_2$ осадка не дает, но может дать муть. Белые или желтоватые гранулы размером 1-3 мм или плоские чешуйки: *аммиачная селитра* — NH_4NO_3 .

4. На угле дает запах аммиака, а со щелочью не дает. Белые гранулы размером от 1 до 5 мм или мелкокристаллический порошок: *мочевина* — NH_2CONH_2 .

Дает запах аммиака и на угле, и со щелочью. На угле плавится с выделением белого дыма _____ 5

Ни на угле, ни со щелочью не дает запаха аммиака. Крупинки (кристаллики) не сгорают, а только потрескивают или подпрыгивают _____ 6

5. С $AgNO_3$ дает обильный створоживающийся осадок, белый, нерастворимый в уксусной кислоте; с $BaCl_2$ дает слабую муть. Мелкокристаллический продукт или гранулы белого или желтоватого цвета: *хлористый аммоний* — NH_4Cl .

С $AgNO_3$ дает слабую муть, а с $BaCl_2$ — обильный белый осадок, нерастворимый в кислотах. Кристаллическое вещество белого, серого или иного цвета, кроме желтого: *сульфат аммония* — $(NH_4)_2SO_4$. Кристаллическая соль желтого цвета: *сульфат аммония-натрия* — $(NH_4)_2SO_4 + Na_2SO_4$.

С $AgNO_3$ дает муть желтой окраски, растворимую в уксусной кислоте. Гранулированный продукт или порошок светло-серого, серого цвета, с добавкой меди — голубого, реакция водной вытяжки кислая: *аммофос* — $NH_4H_2PO_4$. — слабую муть и осадка не дает. Мелкокристаллический поро-

шок белого цвета, иногда с желтоватым оттенком, с йодом дает светло-желтую окраску: *сульфат калия* — $(NH_4)_2PO_4$.

6. С $BaCl_2$ образует белый осадок, нерастворимый в уксусной кислоте, с $AgNO_3$ forms weak turbidity and does not give sediment. A fine-grained white powder, sometimes with a yellowish tint, with iodine gives a light yellow color: *potassium sulphate* K_2SO_4 .

Дает обильный осадок как с $BaCl_2$, так и с $AgNO_3$. Крупные кристаллы розовато-бурого цвета или кристаллический порошок серого цвета, раствор горько-соленого вкуса: *калинит* — $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$; светло-серые мелкие кристаллы, серые гранулы неправильной формы или сильно пылящий порошок с сероватым и розовым оттенком, с йодом дает красно-бурю окраску: *калмагнезия (шениит)* — $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ или *калийно-магниевый концентрат (калмаг)* — $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$.

С $AgNO_3$ дает обильный створоживающийся осадок, нерастворимый в уксусной кислоте, с $BaCl_2$ дает слабую муть. Мелкокристаллическое вещество белого цвета с сероватым оттенком и примесью розовых кристаллов: *калий хлористый* марки «К» KCl «К»; крупнозернистые естественные кристаллы от молочно-белого до красно-бурого цвета: *калий хлористый* марки «Ф» — KCl «Ф»:

- естественные кристаллы от красного до бурого цвета — KCl *крупнозернистый из калийных руд*;
- мелкокристаллический порошок коричневого цвета — KCl *из нефелинового сырья*;
- мелкокристаллический продукт, естественные кристаллы от молочно-бурого до красно-бурого цвета или спрессованные гранулы неправильной формы от белого до красно-бурого цвета — KCl *из сильвинита*;
- мелкие розовые кристаллы смешанные с крупными синими или серый кристаллический порошок с включением розовых кристаллов: *калийная соль* — $KCl + KCl \cdot NaCl$.

7. С уксусной кислотой дает сильное вскипание _____ 8

С уксусной кислотой не дает вскипания или вскипает едва заметно _____ 9

8. Порошок белого, серого или бурого цвета — *известковое удобрение*:

- в реакциях с йодом уксуснокислого раствора удобрения появляется светло-желтая окраска: мел, *известняковая мука* — $CaCO_3$;
- окраска с йодом — красно-бурая: *доломитовая мука* — $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Тонкий пылеватый порошок черно-синего цвета. Часто имеет запах керосина. Красная лакмусовая бумажка, опущенная в водный раствор удобрения, синее: *цианамид кальция* — $CaCN_2$.

Темно-серый тяжелый порошок. Водный раствор имеет щелочную среду. При взаимодействии с кислотой выделяется сероводород: *томашлак* — $4CaO \cdot P_2O_5$.

9. Водный раствор удобрения дает пожелтение или осадок с $AgNO_3$

10

Нет пожелтения раствора или осадка с $AgNO_3$ _____ 11

10. Порошок или гранулы от светло- до темно-серого цвета. Синяя лакмусовая бумажка краснеет при соприкосновении с водным раствором удобрения: *суперфосфат простой или двойной* — $Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

Гранулы или порошок светло- или темно-серого цвета, реакция водного раствора нейтральная или слабокислая, при добавлении 2–3 капель реактива Несслера появляется интенсивное бурое окрашивание: *аммонизированный суперфосфат*.

Гранулы голубого или светло-голубого цвета: *суперфосфат борный*.

Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция водного раствора нейтральная: *преципитат* — $CaHPO_4$.

Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция нейтральная, с $AgNO_3$ четкое пожелтение осадка удобрения: *обесфторенный фосфат*.

11. Темный, тяжелый порошок, реакция среды нейтральная: *фосфат-шлак*.

Тонкий, сильно пылящий порошок темно-серого цвета с бурым оттенком: *фосфоритная мука* — $Ca_3(PO_4)_2$.

Характерные черты некоторых удобрений

(приводятся для проверки правильности определения по вышеприведенной схеме)

Суперфосфат имеет характерный запах, сероватый цвет и кислую реакцию.

Калийная соль отличается от других удобрений по розово-красным кристаллам. Иногда могут быть примеси синих кристаллов. Белые кристаллы говорят о наличии в примеси натриевых солей.

Качественные реакции для основных типов удобрений

Для *селитр натриевой и калийной* единственной реакцией, различающей их между собой и от всех других удобрений, будет вспышка и цвет пламени на раскаленном угле.

Сульфат аммония отличается от похожего на него *нитрата аммония* реакцией с хлористым барием. От *сульфата калия* *сульфат аммония* легко отличить по реакции со щелочью.

Отличительные реакции для некоторых *азотных удобрений*:

для *сульфата аммония* $(NH_4)_2SO_4$ — реакция с $BaCl_2$;

для *хлористого аммония* NH_4Cl — реакция с $AgNO_3$ — образование белого хлопьевидного осадка;

реакция на раскаленном угле: *натриевая селитра* $NaNO_3$ — спышка желтого цвета, *калиевая селитра* KNO_3 — фиолетового цвета, *аммиачная селитра* NH_4NO_3 — белого цвета.

Отличие *аммиачной селитры* от *мочевины*: первая на раскаленном угле дымит и вспыхивает, а вторая — плавится и не вспыхивает. Мочевина между пальцами мылится, ее кристаллы помельче.

На *аммоний* применяется реактив Несслера, а на *нитраты* — дифениламин (на ион NO_3^- ion): раствором удобрения смачивают стенки белой фарфоровой чашки, остатки раствора из чашки выливают, а на смоченную поверхность капают 1–2 капли дифениламина. Синее окрашивание указывает на присутствие иона NO_3^- .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Как загрязняется педосфера и сельхозпродукция удобрениями?
- 2) Приведите примеры наиболее распространенных удобрений (азотных, фосфорных, калийных и известковых).
- 3) Приведите наиболее характерные черты и реакции для некоторых удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

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

2.5 СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОЮЩИЕ СРЕДСТВА

2.5.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

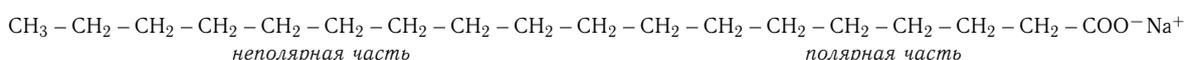
Многие вещества, с которыми мы сталкиваемся в нашем повседневном обиходе, являются потенциально экологически опасными. При попадании в окружающую среду, а именно через сточные воды в природные воды, они способны привести к серьезным последствиям. Поэтому необходимо представлять себе их химический состав, механизм действия, возможные токсические свойства. К таким веществам, экологическую опасность которых мы мало себе представляем, относятся различные моющие вещества.

Моющими средствами называются вещества или смеси веществ, проявляющие в растворах моющее действие и применяемые для удаления загрязнений с поверхности твердых тел. Наиболее важны моющие средства, предназначенные для использования в водных средах. К ним относят различные виды товарного (туалетного, хозяйственного мыла) и технического мыла, многокомпонентные композиции синтетических моющих средств (СМС) бытового и промышленного назначения, а также некоторые природные продукты, например, сапонины.

Основу *синтетических моющих средств* или детергентов составляют мицеллообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Кроме того, они содержат различные вспомогательные вещества и добавки, усиливающие моющую способность ПАВ или придающие композиции специфические свойства. К ним относятся комплексообразователи, щелочные электролиты, химические и оптические отбеливатели, антиресорбенты, предотвращающие повторное прилипание грязи к волокну, ферменты, парфюмерные отдушки. Состав некоторых синтетических моющих средств, производимых в Беларуси, приведен в табл. 1. Рассмотрим подробнее составные части моющих средств с точки зрения их возможного воздействия на окружающую среду.

Поверхностно-активные вещества

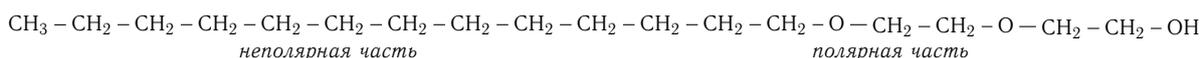
Основным назначением *поверхностно-активных веществ (ПАВ)* является снижение поверхностного натяжения воды. Молекулы ПАВ состоят из двух частей — неполярной углеводородной цепи, лиофобной по отношению к воде (гидрофобной) и полярной лиофильной (гидрофильной) группы на ее конце. Примером таких веществ может служить натриевая соль стеариновой кислоты — стеарат калия, составляющая основу обычного мыла:



В зависимости от строения молекулы поверхностно-активного вещества и особенности ее диссоциации Международная организация по стан-

дартизации (ISO) рекомендует подразделять ПАВ на четыре основных класса: *анионоактивные* (анионные), диссоциирующие в воде с образованием длинноцепочечного аниона, определяющего поверхностную активность; *катионоактивные* (катионные), диссоциирующие в воде с образованием длинноцепочечного катиона, определяющего поверхностную активность; *неионогенные*, недиссоциирующие в водных растворах; *амфотерные*, содержащие гидрофильный радикал и гидрофобную часть, способную быть катионом или анионом в зависимости от рН раствора.

В состав порошкообразных моющих средств обычно вводят анионные ПАВ. Неионогенные ПАВ используют в жидких детергентах, а также в шампунях, средствах для мытья посуды и т.д. Преимуществом неионогенных ПАВ является их способность эффективно удалять жировые и другие загрязнения при низких температурах. Также они меньше пенятся и мало стабилизируют пену, что позволяет применять их для стирки в стиральных машинах. Молекулы неионогенных ПАВ состоят из неполярной углеводородной цепи и полярной части — полиэтиленгликолевой цепи:



Растворимость неионогенных ПАВ обусловлена образованием водородных связей между атомами кислорода, входящими в состав полиэтиленгликолевой цепи и молекулами воды.

Рассмотрим как протекает процесс удаления грязи с поверхности волокон ткани под воздействием ПАВ. Грязь на волокнах ткани — это капельки жира или масла с включенными в них твердыми частицами. Масло — вещество, молекулы которого образованы в основном ковалентными неполярными связями — не очень хорошо смачивает волокно, молекулы которого в основном полярны. Добавление к этой системе воды мало что меняет в общей системе взаимодействий, так как разница в значениях поверхностного натяжения воды и масла велика.

Если же в воде содержатся ПАВ, например соли жирных кислот, образующие мыло, характер взаимодействия веществ заметно изменяется. Молекулы ПАВ адсорбируются и на поверхности волокна и на поверхности масла. Причем неполярная часть молекулы (углеводородная цепь) проникает вглубь частички масла, полярная часть (COO^-) ориентируется в направлении от частички грязи и сольватируется молекулами воды. В результате образуется большая частица, внутри которой находится гидрофобная частица грязи, а внешний слой составляют молекулы воды, что позволяет смыть такую частицу избытком воды. Таким образом поверхность волокна очищается от грязи.

Мировое производство ПАВ составляет величину порядка 2-3 кг на душу населения в год. Примерно 50% производимых ПАВ используется для бытовой химии, остальное — в промышленности и сельском хозяйстве.

Максимально допустимая концентрация ПАВ в питьевой воде составляет 0.2 мг/л, в водоемах рыбохозяйственного значения — 0.1 мг/л. При содержании ПАВ в количестве 0.4 — 3.0 мг/л появляется горький и заметный мыльно-керосиновый привкус воды. Содержание ПАВ в реке Мухавец на участке от г. Кобрин до г. Брест составляет 0.1–0.7 от предельно допустимой концентрации.

Среди способов очистки сточных вод в отстойниках — перевод ПАВ в пену, адсорбция активным углем, использование ионообменных смол, нейтрализация катионоактивными веществами. Эти методы дороги и недостаточно эффективны, поэтому предпочтительна очистка сточных вод от ПАВ в отстойниках (аэротенках) и в естественных условиях (в водоемах) путем биологического окисления под действием гетеротрофных бактерий (преобладающий род — *Pseudomonas*), которые входят в состав активного ила. По биологической стойкости ПАВ принято делить на *жесткие* (трудноразлагаемые) и *мягкие* (легкоразлагаемые). Степень биоокисления мягких ПАВ зависит от структуры гидрофобной части молекулы: при ее разветвленности биоокисление резко ухудшается. Основными продуктами биodeградации ПАВ является углекислый газ и вода.

Composition of some synthetic detergents is presented in table 2.5.1.

Комплексообразователи

Основными комплексообразователями, используемыми в производстве моющих средств, являются фосфаты щелочных металлов и натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. Их основной функцией является создание комплексов с многозарядными ионами металлов, особенно с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} с целью умягчения воды.

1. Фосфаты щелочных металлов. Помимо своей основной функции данные соединения диспергируют грязь и стабилизируют образовавшуюся дисперсию. Также, создавая щелочной буферный раствор, фосфаты облегчают работу анионоактивных ПАВ. Из фосфатов наибольшее применение в моющих средствах находят ортофосфат натрия (Na_3PO_4), триполифосфат натрия ($Na_5P_3O_{10}$), триполифосфат калия ($K_5P_3O_{10}$) — в порошкообразных композициях, триполифосфат калия ($K_5P_3O_{10}$) — в жидких композициях. Содержание фосфатов может достигать до 50% от массы моющего средства. Поскольку фосфор относится к биогенным элементам, при попадании в природные воды фосфаты вызывают усиленный рост сине-зеленых водорослей, что приводит к «цветению» воды.

2. Этилендиаминтетрауксусная кислота и ее натриевые соли (ЭДТА, Трилон Б). ЭДТА используют в качестве заменителя фосфатов в рецептурах современных моющих средств. Кроме того, эти соедине-

Таблица 2.5.1 — Состав некоторых синтетических моющих веществ (в масс. %)

Компоненты	Порошкообразные СМС						Жидкие СМС	
	№.1	№.2	№.3	№.4	№.5	№.6	№.7	№.8
ПАВ (всего)	18	15	15	20	15	18	35	24
алкилбензол-сульфонаты	18	8	8	–	8	4	15	8–12
алкилсульфаты	–	–	–	–	–	12	–	up to 6
алкилсульфонаты	–	–	–	–	–	–	–	до 13
неионогенные ПАВ	–	до 3	3	до 5	3	–	20	до 3
мыло	–	4	4	15	4	2	–	–
Комплексообразователи								
триполифосфат <i>Na</i>	40	40	35	35	40	40	–	–
триполифосфат <i>K</i>	–	–	–	–	–	–	3.5	3.5
Щелочные электролиты								
Na_2SiO_3	3	4	7	8	5	3	–	–
Na_2CO_3	–	–	10	20	10	–	–	–
Химические отбеливатели								
пероксоборат <i>Na</i>	–	–	15	–	–	8	–	–
Оптические отбеливатели	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1
Антиресорбент								
карбоксиметил-целлюлоза	0.9	1.0	1.2	0.9	1.0	1.0	–	–
Фермент								
протеаза	–	2.0	–	–	2.0	–	–	–
Стабилизаторы	–	–	0.3	–	–	–	–	–
Парфюмерные отдушки	0.2	0.2	–	–	0.2	0.2	0.1	0.1
Na_2SO_4 и вода	остальное – до 100% (вода до 10%)							

ния в больших количествах применяется при очистке воды, целлюлозно-бумажной промышленности и других отраслях экономики.

Молекула двузамещенной натриевой соли ЭДТА имеет следующее химическое строение:

ных сортов стекла. Она выдерживает воздействие химических реагентов и колебания температуры. Набор посуды зависит от характера работы, выполняемой в лаборатории. В данной работе используется химическая посуда общего назначения (пробирки, воронки) и мерная посуда, предназначенная для измерения объемов растворов (пипетки, цилиндры, бюретки).

1. Мерные цилиндры. Служат для отмеривания с небольшой точностью объемов жидкости. Они представляют собой толстостенные градуированные стеклянные цилиндры с широкой подставкой для их устойчивости. Мерные цилиндры бывают различной емкости — от 10 мл до 2 л. Объем при градуировке цилиндров как правило указывается в миллилитрах.

Использование. Необходимо наполнить цилиндр жидкостью до объема немного меньше требуемого. Затем добавляя жидкость по каплям довести объем до необходимого уровня.

В случае прозрачной жидкости уровень следует отмеривать по нижнему краю мениска, глядя на цилиндр сбоку на уровне мениска

2. Пипетки. Предназначены для точного отбора небольших объемов жидкости. На практике чаще используются пипетки двух типов: с расширением (пипетка Мора) и трубчатые калиброванные. Пипетки бывают различной емкости, как правило, от 1 до 25 мл.

Использование. Для наполнения пипетки опустить ее нижним концом в раствор и осторожно засосать его с помощью резиновой груши несколько выше уровня метки. При этом необходимо следить, чтобы нижний конец пипетки всегда находился в растворе. После этого верхний конец пипетки быстро закрыть указательным пальцем, а излишки жидкости выпустить при небольшом ослаблении нажим пальца. Когда нижний уровень раствора дойдет до метки, закрыть плотно верхнее отверстие пальцем. Под пипетку поставить стакан и выпустить в него раствор, убрав палец и касаясь нижним концом пипетки стенки стакана. При этом в оттянутом конце должна оставаться капля жидкости, не вытекающая при открытом верхнем отверстии.

3. Бюретки. Служат для отмеривания точных объемов жидкостей. Обычные бюретки представляют собой длинные узкие, градуированные на десятые доли миллилитра стеклянные трубки. Нижняя часть трубки переходит в узкую трубку, которая заканчивается оттянутым концом. Для спуска жидкости имеются краны. Вместо крана может использоваться металлический зажим или шарик, вставленный в резиновую трубку и пропускающий жидкость лишь при нажатии на него рукой. Емкость бюреток — от 1 до 100 мл.

Использование. Укрепить бюретку вертикально в лапке штатива и при помощи воронки залить требуемым раствором. При этом воронку нужно слегка приподнимать рукой, чтобы между ней и бюреткой оставался небольшой зазор для выхода воздуха. После этого подставить под бюретку стакан и заполнить нижнюю часть ее жидкостью, для чего полностью

открыть кран или зажим. Как только жидкость заполнит нижнюю часть, закрыть кран или зажим. Долить раствором выше нулевого деления и осторожно выпустить излишек жидкости до начального деления. Следить, чтобы в нижней трубке с оттянутым концом не было воздуха.

2.5.2 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторных работ студент должен уметь правильно обращаться со стеклянной химической посудой, соблюдать особую осторожность при работе с токсичными и едкими веществами, знать меры первой доврачебной помощи.

1. Работа со стеклянной посудой. Основным травмирующим фактором при работе со стеклянной химической посудой являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего. По этой причине следует соблюдать особую осторожность при использовании такой посуды. Если же во время работы стеклянная посуда все таки разбилась, то необходимо предпринять следующие меры.

Первая помощь. При порезах рук или других частей тела стеклом следует удалить из раны мелкие осколки, после чего промыть ее 2%-ным раствором перманганата калия или этиловым спиртом, смазать йодной настойкой и забинтовать. Осколки стекла, попавшие в глаза, может удалять только медицинский работник.

При уборке рабочего места осколки разбитой посуды во избежание порезов рук следует собирать щеткой и совком.

2. Работа с электронагревательными приборами. При использовании электронагревательных приборов необходимо соблюдать максимальную осторожность. Перед началом работы с ними следует ознакомиться с инструкцией по их эксплуатации. При работе с водяной баней нужно следить, чтобы в ней постоянно была вода. Во избежание термического ожога нельзя касаться руками нагревательных элементов электрической плитки.

Первая помощь. При ожогах легкой степени тяжести необходимо на пораженное место наложить повязку, смоченную 2% раствором перманганата калия. При ожогах средней степени тяжести на пораженное место накладывается стерильная повязка. Пострадавшего нужно срочно доставить в медицинское учреждение.

3. Токсические свойства соединений, используемых в лабораторной работе и меры неотложной помощи при поражении ими.

Азотная кислота (HNO_3). Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии так и при попадании вовнутрь.

Первая помощь. При попадании кислоты на кожу место поражения немедленно промыть большим количеством воды, продолжительность промывания 10–15 минут. Щелочные растворы применять для промывания

нельзя, так как при взаимодействии с водой они выделяют большое количество тепла, что может усугубить тяжесть поражения. В случае поражения глаз — обильное промывание водой в течение 10–15 минут. При попадании кислоты вовнутрь — обильное питье, вызывать рвоту без применения механических средств. Обратиться за помощью в медицинское учреждение.

ЗАДАНИЕ

Качественная реакция на присутствие неионогенных ПАВ

Данная реакция положена в основу количественного определения неионогенных ПАВ в сточных и природных водах по стандарту ISO 7875-2. Чувствительность реакции — 0.05 мг/л.

Качественное определение неионогенных поверхностно-активных веществ основано на их реакции с реактивом Драгендорфа, представляющем собой смесь тетраiodовисмутата калия ($K[BiI_4]$), хлорида бария ($BaCl_2$) и уксусной кислоты.

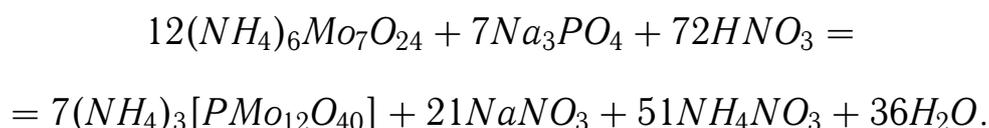
В пробирку внесите 2–3 мл исследуемой воды. Прибавьте 4–5 капель реактива Драгендорфа. Тщательно перемешайте содержимое стеклянной палочкой. Какие изменения происходят с раствором? Опишите их в рабочей тетради.

Количественный анализ неионогенных поверхностно-активных веществ, проводят путем отделения и растворения полученного осадка, с последующим определением концентрации в нем ионов висмута, эквивалентной концентрации ПАВ.

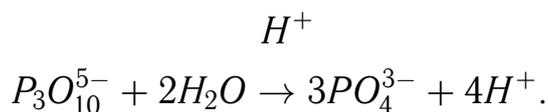
Качественная реакция на присутствие фосфатов

Данная реакция положена в основу количественного определения неионогенных ПАВ в сточных и природных водах по стандарту ISO 6878-1.

Качественное определение фосфатов основано на их реакции с 24-оксогептамолибдатом (VI) аммония с образованием аммонийной соли фосфорномолибденовой кислоты:



Поскольку в моющих средствах фосфор содержится в виде триполифосфатов натрия и калия ($Na_5P_3O_{10}$ и $K_5P_3O_{10}$), их предварительно следует перевести в фосфаты нагреванием с азотной кислотой:



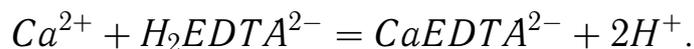
Большинство производителей рекомендуют использовать порошкообразные моющие средства в виде раствора с массовой долей 1%, жидкие моющие средства — в виде раствора с массовой долей 0.5%. Для анализа следует приготовить более концентрированный раствор исследуемого моющего средства (2%). Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Отмерьте 49 мл воды с помощью мерного цилиндра на 50 мл.
2. С помощью теххимических весов взвесьте в кварцевой чашке (*Осторожно!*) 1 грамм порошкообразного моющего средства (стирального порошка).
3. Аккуратно перенесите навеску вещества в химический стакан. Оставшиеся в чашке частички смойте водой из цилиндра и тоже перенесите в стакан.
4. Оставшуюся в цилиндре воду небольшими порциями приливайте в стакан при постоянном перемешивании стеклянной палочкой. (*Не следует слишком интенсивно перемешивать раствор во избежание вспенивания.*). В случае плохого растворения моющего средства стакан с раствором следует поместить на электрическую плитку.

В *первую* пробирку внесите 10 капель приготовленного раствора, 10 капель 6М раствора азотной кислоты и 10 капель 0.5М раствора 24-оксогептамолибдата (VI) аммония. Во *вторую* (контрольную) пробирку внесите 10 капель дистиллированной воды, 10 капель 6М раствора азотной кислоты и 10 капель 0.5М раствора 24-оксогептамолибдата (VI) аммония. Обе пробирки на 5 минут поместите на водяную баню. Какие изменения произошли с содержимым пробирок? О чем это свидетельствует? Опишите произошедшие изменения в рабочих тетрадях.

Количественное определение ЭДТА в моющих средствах

В основу определения положена реакция ЭДТА (H_4EDTA) или ее натриевой соли (Na_2H_2EDTA) с многозарядными ионами металлов, в данном случае с ионами кальция (Ca^{2+}):



Количественное определение содержания ЭДТА в моющих средствах проводится методом *титриметрии*. Титриметрия — аналитический метод, основанный на измерении количества реагента, израсходованного на реакцию с определяемым веществом. Реагент обычно применяют в виде раствора с точно известной концентрацией. В данной работе реагентом служит

0.5н раствор хлорида кальция ($CaCl_2$). Раствор реагента из бюретки прибавляют в анализируемый раствор моющего средства до достижения *точки эквивалентности*, то есть такого состояния, когда ЭДТА и $CaCl_2$ будут находиться в строго стехиометрическом соотношении. Фиксируется точка эквивалентности по изменению окраски индикатора.

Основой расчетов в титриметрическом анализе служит формула:

$$C_{H1} \cdot V_1 = C_{H2} \cdot V_2,$$

где C_{H1} и C_{H2} — эквивалентные концентрации реагирующих веществ, а V_1 и V_2 — их объемы.

1. В бюретку залейте раствор хлорида кальция ($CaCl_2$) точной эквивалентной концентрации (0.5н). Установите нижний край мениска на нулевую отметку.

2. С помощью пипетки отмерьте 25 мл 1% раствора моющего средства и вылейте в коническую колбу емкостью 50 мл. Прибавьте 5 капель аммонийного буфера и 2–3 микрошпателя индикатора — *кислого хрома темно-синего*. Смесь приобретет синюю окраску.

3. Раствор хлорида кальция небольшими порциями (0.1–0.2 мл) приливайте из бюретки в коническую колбу при *постоянном* перемешивании. В конце титрования раствор щелочи приливайте *по каплям*. Точка эквивалентности (конец титрования) наступает в тот момент, когда после прибавления одной капли раствора хлорида кальция содержимое конической колбы изменяет свою окраску с синей на винно-красную.

4. По шкале бюретки определите объем раствора хлорида кальция, пошедший на титрование, результат измерения занесите в таблицу 2.5.2.

5. Повторите титрование еще 2 раза. Перед началом титрования каждый раз доливайте раствор хлорида кальция в бюретке до нулевой отметки. По результатам титриметрического анализа заполните таблицу 2.5.2.

Таблица 2.5.2 — Итоговая таблица к опыту

Номер определения	$V(CaCl_2)$, мл	$V(CaCl_2)$ средний, мл	$C_H (CaCl_2)$, экв/л	$V (EDTA)$, мл	$C_H (EDTA)$
титрование 1			0.5	25	
титрование 2			0.5	25	
титрование 3			0.5	25	

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Philip C.H. Mitchell. Metal complexes of EDTA: an exercise of data interpretation // Journal of Chemical Education, 1997, vol. 74, No.10, p.1235–1237.
- 2) George S. Kriz, Jr., Kay Dian Kriz. Analysis of phosphates in detergents // Journal of Chemical Education, 1971, vol. 48, No.8, p.551–552.
- 3) David Williams. Storing up trouble // Chemistry in Britain, 1998, No.1, p.48–50.
- 4) K.I. Kump, F.A. Palocsay, T.N. Gallaher. Determination of the percent Na₄EDTA in bathroom cleaners // Journal of Chemical Education, 1978, vol. 55, No.4, p.265–267.
- 5) Фелленберг Г., Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. — М.:Мир, 1997. — 232с.

Учебное издание

Яловая Наталья Петровна
Халецкий Виталий Анатольевич
Яловая Юлия Сергеевна
Бондарь Кристина Вячеславовна

Экология:
лабораторный практикум для студентов
технических специальностей

Ответственный за выпуск: Халецкий В. А.
Редактор: Боровикова Е. А.
Компьютерная верстка: Халецкий В. А.

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.,
№ 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 21.10.2020 г. Формат
60x84 1/16.

Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Times».

Усл. п. л. 6,51. Уч. изд. л. 7,0.

Заказ № 902. Тираж 120 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный
технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-510-2

