

УДК 372.8:504.064.3

**ВОСПИТАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ.  
МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА****Ананьева Е.А., Месяц Е.А., Миндлина Т.Б.***Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Москва,  
e-mail: eaananyeva@mephi.ru*

Работа посвящена формированию экологической грамотности школьников на примере организации и проведения мониторинга качества различных водных объектов города Москвы с использованием химических и современных физико-химических методов анализа. Проведены семинары по освоению нормативно-технической документации, регламентирующей качество воды, и мастер-классы по методикам определения основных показателей качества в соответствии с ГОСТами. Мониторинг проведен под руководством сотрудников кафедры химии НИЯУ МИФИ. Более 160 учащихся из 14 школ прошли обучение теоретическим основам и практическим навыкам лабораторного химического анализа в рамках развития системы профильного обучения в условиях интеграции общего и дополнительного образования. Участники мониторинга на базе школьных лабораторий и химических лабораторий МИФИ самостоятельно исследовали более 170 образцов. Оценка соответствия качества воды нормам предельно допустимых концентраций (ПДК) проводилась по 20–25 показателям. По результатам мониторинга учащимися была создана интерактивная экологическая карта ряда районов г. Москвы, показывающая качество питьевой воды в их школах, в жилых домах, где живут они и их близкие, воды в ближайших водоемах прудах, реках и ручьях.

**Ключевые слова:** экологическая грамотность, мониторинг водных объектов, качество воды, мастер-класс, школа-вуз

**PROMOTING ECO-AWARENESS AMONG SCHOOLCHILDREN.  
CITY WATER BODIES MONITORING****Ananyeva E.A., Mesyats E.A., Mindlina T.B.***National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, e-mail: eaananyeva@mephi.ru*

The goal of this project was to raise the environmental awareness of schoolchildren by monitoring and studying the quality of water in various water bodies in the Moscow city by using chemical and modern physicochemical methods of analysis. We held seminars on normative technical documentation regulating water quality and master classes on methods for determining main quality indicators in accordance with the All-Union State Standard. The monitoring was carried out under the guidance of the staff of the Department of Chemistry, NRNU MEPHI. More than 160 students from 14 schools were taught theoretical foundations and practical skills of laboratory chemical analysis as part of the development of the system of specialized training on the basis of integration of the general and additional education. Participants of the study independently examined more than 170 samples of water both in the school laboratories and chemical laboratories of MEPHI. During quality assessment phase 20–25 parameters were measured to be within the acceptable range by the standards of the maximum permissible concentrations (MPC). Based on the monitoring results, students created an interactive ecological map of a number of districts of Moscow, showing the quality of drinking water in their schools and residential buildings, as well as the quality of water in nearby reservoirs, ponds, rivers and streams.

**Keywords:** environmental awareness, monitoring of water bodies, water quality, master class, school-university

Экологическая грамотность подразумевает знание основных закономерностей формирования природных экосистем, умение оценивать их состояние с целью предотвращения негативного влияния на окружающую среду. Настоящая статья посвящена актуальной проблеме формирования экологического сознания учащихся школ на примере изучения бесценной, жизненно необходимой и незаменимой природной воды.

В рамках сотрудничества НИЯУ МИФИ с лицеями и школами естественнонаучного направления осуществлен профильно-ориентированный проект по экологическому мониторингу социально-значимых водных объектов города Москвы. Работа проводилась с целью приобретения навыков постановки и реализации исследовательского эксперимента, навыков безопасной и эффективной работы с приборами, материалами и химическими веществами. Эк-

периментальная часть по определению качества воды, учащиеся выполняли в своих школьных лабораториях и в химических лабораториях университета под руководством преподавателей МИФИ и учителей школ.

**Материалы и методы исследования**

Для грамотного проведения экологического мониторинга водных объектов школьникам и учителям были подготовлены методические рекомендации, адаптированные под уровень школьной образовательной программы химии [1]. Разработанные методические материалы включали правила отбор проб и их исследования для обнаружения опасных для здоровья компонентов на уровне предельно допустимой концентрации вещества (ПДК), методики оценки соответствия качества воды санитарным правилам и нормам.

С химической точки зрения природная вода является раствором, содержащим большое количество растворенных веществ. Состав природной воды в качественном и количественном отношении зависит от среды, в которой происходит его формирование, т.е. от состава и растворимости веществ, с которыми соприкасается вода, и от условий, в которых происходит это взаимодействие. Химические вещества могут находиться в воде в виде ионов, недиссоциированных молекул (в том числе газов) и коллоидов. Основную группу элементов составляют так называемые макрокомпоненты. К ним относятся:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , и  $\text{CO}_3^{2-}$ . Большое значение имеют микроэлементы, включающие все металлы, кроме вышеперечисленных катионов. Их концентрация измеряется микрограммами в 1 л (мкг/л), а часто имеет и более малые значения. Но, несмотря на это, их роль в жизненных процессах достаточно важна. Микроэлементы необходимы для нормальной жизнедеятельности растений, животных и человека. Однако при повышенной концентрации многие микроэлементы вредны и даже ядовиты для живых организмов. Поэтому часто они становятся загрязняющими веществами и концентрация их контролируется.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Подготовительная часть мониторинга заключалась в теоретических семинарах и мастер-классах.

Этап 1. Проведение обучающих семинаров в школах.

1. Презентация об уникальных физических и химических свойствах воды, влияющих на сохранение биологического разнообразия и обеспечение экологической безопасности живых систем и человека.

2. Постановка задач перед участниками мониторинга с целью получения наиболее достоверной информации о качестве питьевой и поверхностной воды водоемов в своем регионе. Методические рекомендации по отбору проб и пробоподготовке, адаптированных к уровню подготовки школьников и оснащению школьных лабораторий (правила отбора, хранения проб, кодирование проб воды, заполнение актов отбора проб).

3. Ознакомление с нормативными документами, регламентирующими качество питьевой воды, природной воды в черте населенных пунктов, воды для хозяйственных нужд и воды для водоемов рыбохозяйственного назначения (СанПиН, ПДК, приказы ФА) [2–4].

4. Основные показатели качества воды: рН, электропроводность, щелочность, гидрокарбонаты, цветность, мутность, жесткость, кальций, магний, остаточный активный хлор, содержание металлов (в т.ч. тяжелых), анионов (в т.ч. нитратов), аммония, нефтепродуктов. Влияние их содержания на свойства воды, организм человека и водные экосистемы. Ниже представлены фрагменты нормативных документов, регламентирующих качество питьевой воды и воды водоемов рыбохозяйственного назначения (табл. 1, 2).

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в воде хозяйственно-бытового назначения. Токсическое влияние на организм человека

№ п/п	Показатели	ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01	Примечание (поражаемые органы)
1	Жесткость общая, °Ж	до 7.0	Избыток поражение почек, недостаток – нарушение обмена веществ
2	Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0.3	Раздражающее действие на слизистую и кожу, гематоматоз, аллегия, ускоряет рост железобактерий, вытесняющих полезные микроорганизмы
3	Марганец суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0.1	ЦНС, гемопоэз
4	Медь, мг/дм <sup>3</sup>	1.0	Печень, почки, ЖКТ, слизистые
5	Мышьяк суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0.05	ЦНС, кожа, периферическая сосудистая система, <b>канцероген</b>
6	Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	45	Кровь, сердечно-сосудистая система, <b>канцероген</b>
7	Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	0.0005	ЦНС, кровь, почки, нарушение репродуктивной функции
8	Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	0.03	Центральная и периферическая нервная система, метаболизм кальция, гемопоэз, порфириновый обмен
9	Фториды, мг/дм <sup>3</sup>	1.5	Флюороз зубов и скелета, кретинизм

Таблица 2

Норматив качества воды в водоемах рыбохозяйственного назначения

№ п/п	Наименование показателя	ПДК воды, в водоемах рыбохозяйственного назначения
1	Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	40
2	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	0,75
3	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,05
4	Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,05
5	Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0,001
6	Марганец суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,01



Рис. 1. Мастер-класс в школьной лаборатории



Рис. 2. Обучающий семинар в химической лаборатории МИФИ

ПДК является основой для оценки качества воды и безопасного использования ее для различных целей. Особое внимание школьников было обращено на тот факт, что значения ПДК для разных объектов (человека и обитателей водных систем) могут различаться на порядки. Например, ПДК меди в питьевой воде и воде прудов и рек различаются в 1000 раз.

Этап 2. Мастер-классы по проведению экспериментальных исследований в школьных лабораториях (рис. 1).

1. Обучение технике безопасности и правилам работы с химической посудой (пипетками, бюреткой, мерными колбами, цилиндрами) и реактивами.

2. Рассмотрение и демонстрация объемного титриметрического анализа для определения следующих показателей качества: щелочности, перманганатной окисляемости, гидрокарбонатов, жесткости, кальция, магния, остаточного активного хлора.

3. Рассмотрение и демонстрация работы на рН-метре и кондуктометре с целью определения интегральных показателей качества воды: рН, электропроводность, общее содержание электролитов.

Этап 3. Проведение семинаров на кафедре химии МИФИ по современным физико-химическим методам аналитической химии воды (рис. 2).

1. Спектральные методы (атомно-эмиссионная спектрометрия, спектрофотометрия, флюориметрия).

2. Хроматографические методы – высокоэффективная жидкостная хроматография.

Этап 4. Мастер-классы по работе на аналитическом оборудовании кафедры химии МИФИ.

1. Обучение навыкам, необходимым для подготовки проб к исследованию (экстракция, микрофильтрация, вакуумная фильтрация, концентрирование, разбавление, работа с микрошприцем и инжектором.).

2. Спектральные приборы: ИСП-спектрометр, спектрофотометр «Spekol 1300», «Флюорат-02-2М». Ознакомление с принципом работы и элементами управления: включение, запуск анализа, обработка результатов, выключение.

3. Высокоэффективная ионная хроматография: основные понятия и принципы метода. Ионный хроматограф «Стайер», основные блоки и принцип их работы (рис. 3).

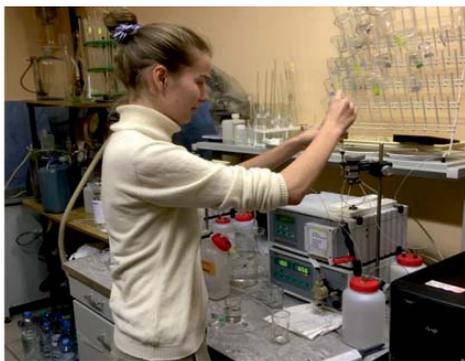


Рис. 3. Самостоятельная работа на ионном хроматографе в лаборатории МИФИ

После обучения теоретическим основам и навыкам эксперимента школьники под руководством учителей и контролем экспертов-наставников кафедры провели исследование различных водных объектов (питьевой воды централизованного водоснабжения и из кулеров в своих школах, бутилированной воды, природной воды рек, прудов и родников). Следует отметить, что все показатели качества определялись по методикам действующих ГОСТов [5–7].

Результаты испытания образцов воды оформлялись в виде таблиц с указанием норм ПДК и методик испытаний (рис. 4).

**«ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДЫ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА МОСКВЫ»**

**ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦА ВОДЫ №544.24.10-08**

Наименование продукции: Вода из реки

Дата отбора, место отбора: 22.10.17, г. Москва, Москва-река в районе Нагатинской набережной, д.64

Цель испытания: Экологический мониторинг. Контроль качества воды, соответствие СанПиН 2.1.5.980-00 - поверхностная вода, Приказ ФА по рыболовству № 20 от 18 января 2010 г. «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения»

Количество образцов (проб), шт.: бутылка из ПЭТФ емкостью 2,0 л

Объем образцов (проб), л: 2,0 л

Сроки проведения испытаний: 22.10.2017 – 26.10.2017 (дата начала и окончания)

**Результаты испытаний:**

№№ п/п	Номенклатура показателей, сл.им.	ПДК СанПиН 2.1.5.980-00, нормативы рыбохозяйственных водоемов	Значение показателей	Методы испытаний
1.	pH	6,5-8,5	7,7	ПНД Ф 14.1.2.3.4.121-97
2.	Электропроводность, Мкс/см	-	479	РД 52.24.495-95
3.	Запах, баллы(при 20 °С)	Не более 2	5	ГОСТ 3351-74
4.	Цветность, градусы	Не более 20	20	ГОСТ 31868-2012
5.	Мутность (взвешенные вещества), мг/л	0,75	4,1	ГОСТ 3351-74
6.	Жесткость общая, градус жесткости	до 7,0*	4,3	ГОСТ 31954-2012
7.	Окисляемость перманганатная, мг/л	5,0*	6,3	ПНД Ф 14.1.2.4.154-99 (изм. 2012)
8.	Аммоний и аммонийные соли, мг/л	0,5	0,6	ГОСТ 33045-2014
9.	Гидрокарбонаты, мг/л	-	231	ГОСТ 31957-2012
10.	Щелочность, ммоль/л у.а	-	3,8	ГОСТ 31957-2012
11.	Фториды, мг/л	0,75	0,1	ГОСТ 31867-2012
12.	Хлориды, мг/л	300	47,1	ГОСТ 31867-2012
13.	Нитриты, мг/л	0,08	Менее 0,1	ГОСТ 31867-2012
14.	Нитраты, мг/л	40	6,3	ГОСТ 31867-2012
15.	Фосфаты, мг Р/л	0,05	0,1	ГОСТ 31867-2012
16.	Сульфаты, мг/л	100	24,9	ГОСТ 31867-2012
17.	Кальций, мг/л	180,0	64	ГОСТ 31876-2012
18.	Магний, мг/л	40,0	13,2	ГОСТ 31876-2012
19.	Хром (6), мг/л	0,02	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
20.	Марганец, мг/л	0,01	0,136	ГОСТ 31876-2012
21.	Железо общее, мг/л	0,05	0,155	ГОСТ 31876-2012
22.	Медь, мг/л	0,001	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
23.	Цинк, мг/л	0,01	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
24.	Нефтепродукты	0,05	0,07	ПНД Ф 14.1.2.4.128-98(изм. 2012)

Примечание: \* - Указаны нормативы для питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074-01 как в Приказом Федерального агентства по рыболовству эти показатели не нормируются ( Приказ от 18 января 2010 г. N 20 об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения)

Испытания проводил учащийся Иванов И.И.

**ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦА ВОДЫ № 1511.29.09-11**

Наименование продукции: Вода из централизованного водоснабжения

Цель испытания: Экологический мониторинг. Контроль качества воды, соответствие СанПиН 2.1.4.1074-01- питьевая вода централизованного водоснабжения; СанПиН 2.1.4.1175-02 питьевая вода централизованного водоснабжения СанПиН 2.1.4.1116-02- бутилированная вода

Дата отбора, место отбора: 28.09.17 г. Москва, ул. Красного Маяка

Количество образцов (проб), шт.: бутылка из ПЭТФ емкостью 2,0 л

Объем образцов (проб), л: 2,0 л

Сроки проведения испытаний: 29.09.2017 - 31.09.2017 (дата начала и окончания)

**Результаты испытаний:**

№№ п/п	Номенклатура показателей, сл.им.	ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01	Значение показателей	Методы испытаний
1.	pH	6-9	7,6	ПНД Ф 14.1.2.3.4.121-97
2.	Электропроводность, Мкс/см	-	428	РД 52.24.495-95
3.	Запах, баллы (при 20 °С)	Не более 2	Менее 1	ГОСТ 3351-74
4.	Цветность, градусы	Не более 20	Менее 5	ГОСТ 31868-2012
5.	Мутность (взвешенные вещества), мг/л	1,5	Менее 0,05	ГОСТ 3351-74
6.	Жесткость общая, градус жесткости	до 7,0	4,7	ГОСТ 31954-2012
7.	Окисляемость перманганатная, мг/л	5,0	1,6	ПНД Ф 14.1.2.4.154-99 (изм. 2012)
8.	Аммоний и аммонийные соли, мг/л	2	Менее 0,1	ГОСТ 33045-2014
9.	Гидрокарбонаты, мг/л	-	97,6	ГОСТ 31957-2012
10.	Щелочность, ммоль/л у.а	0,5-6,5	1,6	ГОСТ 31957-2012
11.	Фториды, мг/л	1,5	0,1	ГОСТ 31867-2012
12.	Хлориды, мг/л	350	17,7	ГОСТ 31867-2012
13.	Нитриты, мг/л	3,0	Менее 0,1	ГОСТ 31867-2012
14.	Нитраты, мг/л	45	4,9	ГОСТ 31867-2012
15.	Фосфаты, мг Р/л	1,1	0,1	ГОСТ 31867-2012
16.	Сульфаты, мг/л	500	32,6	ГОСТ 31867-2012
17.	Хром, мг/л	0,05	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
18.	Марганец, мг/л	0,1	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
19.	Железо общее, мг/л	0,3	0,012	ГОСТ 31876-2012
20.	Кальций, мг/л	25-100*	58	ГОСТ 31876-2012
21.	Магний, мг/л	5-65*	21,6	ГОСТ 31876-2012
22.	Медь, мг/л	1,0	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
23.	Цинк, мг/л	5,0	Менее 0,001	ГОСТ 31876-2012
24.	Хлор остаточный активный, мг/л	0,3-0,5	Менее 0,1**	ГОСТ 18796-72 Изд 2010
	Свободный	0,8-1,2	Менее 0,1**	

Примечания:

1. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) рекомендует использовать питьевую воду с жесткостью от 1,5 до 3,0. Вода с жесткостью 0,6 может вызывать сухость кожи, раздражение. Поскольку кальций и магний не являются токсичными элементами, их содержание не нормируется в СанПиН 2.1.4.1074-01 для воды централизованного водоснабжения. Указаны пределы физической концентрации, в которых питьевая вода считается физиологически оптимальной (согласно СанПиН 2.1.4.1116-02).
- \*\* Проба отобрана без длительного пролива.

Испытания проводил учащийся Иванов И.И.

Рис. 4. Примеры таблиц с результатами испытания качества воды

Таблица 3

Обобщенные данные мониторинга водных объектов города

	Вода централизованного водоснабжения	Вода из кулера	Реки, пруды, ручьи	Родники	Колодцы	Бутилированная вода	Прочее	Всего
Количество исследованных образцов	68	15	63	12	7	10	4	179
в том числе не соответствуют СанПиН	0	1	59	4	1	5	3	

### Заключение

Школьники прошли обучение основам и практическим навыкам лабораторного химического анализа в рамках развития системы профильного обучения в условиях интеграции общего и дополнительного образования, повысили свой уровень экологической грамотности, получили результаты по качеству водных объектов, которые сами исследовали, и оценили соответствие качества воды нормативным документам. В таблицах зафиксированные превышения ПДК выделялись жирным шрифтом. В завершении работы участники мониторинга представляли отчеты о результатах испытания исследованных объектов с анализом возможных причин поступления загрязняющих веществ в образцы поверхностных вод.

в различных конкурсах. По экспериментальным данным была создана интерактивная экологическая карта ряда регионов г. Москвы, которая показывала качество питьевой воды в школах, в которых они учатся, в домах, в которых живут они и их близкие, воды в ближайших водоемах прудах, реках и ручьях. Карта имеет раскрывающиеся краткие комментарии по качеству воды и по ним можно перейти на подробную таблицу с результатами. Скриншот карты представлен на рис. 5.

Результаты, имеющие важное для понимания школьниками соответствия качества исследованных водных образцов благополучию экологического состояния водных объектов получены при тесном сотрудничестве школ с хорошо оснащенной вузовской лабораторией.

В табл. 3 представлены обобщенные данные более 180 участников мониторинга среди которых следует отметить активную работу не менее 160 заинтересованных школьников из 14 школ города.

### Список литературы

1. Основы аналитической химии. В 2 т. Т. 1: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования 5-е изд., стер. / под ред. Ю.А. Золотова. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 384 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-2001 (с изменениями на 2 апреля 2018 года). Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М.: Минздрав России, 2018. 103 с.
3. СанПиН 2.1.4.1116-02. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2010. Дата актуализации 01.01.2021. 39 с.
4. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Минздрав России, 2000. Дата актуализации 01.01.2021. 7 с.
5. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013. 31 с.
6. ГОСТ 31870-2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.
7. ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.

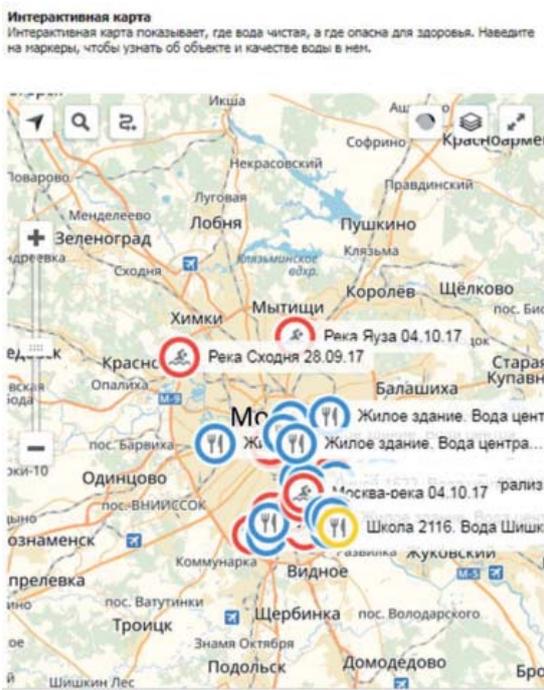


Рис. 5. Фрагмент экологической карты

Результаты мониторинга использованы школьниками в проектных работах, для уча-