

Химия

УДК 54

Т.Г. ШТЕФАНОВА, И.Д. БЕЗУГЛОВ, В.Н. ПРОКШИЦ
(Волгоград)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ПРИРОДНЫХ ВОД ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

В данной работе пробы, взятые из поверхностных источников по направлению движения «х. Бобры – Средняя Ахтуба», были химически изучены на предмет превышения предельно допустимого значения концентрации, или ПДК. Рассмотрены физико-химические методы анализа. Сделаны выводы относительно химического состава поверхностных вод, результаты соотнесены с исследованиями других учащихся по этой теме.

Ключевые слова: *физико-химические методы анализа, ПДК, ГОСТы, анионы, катионы, интегральные характеристики.*

TATIANA SHTEFANOVA, IVAN BEZUGLOV, VLADIMIR PROKSHITS
(Volgograd)

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SAMPLES OF NATURAL WATER OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN

The article deals with the samples taken from the surface sources of the direction “Bobry – Middle Akhtuba” that were studied chemically for the purpose of the excess of the permissible exposure limit. There are considered the physical and chemical methods of the analysis. The authors conclude about the chemical composition of the surface water. The results are correlated with the researches of the other students concerning the theme.

Key words: *physical and chemical methods of analysis, permissible exposure limit, Russian National Standard, anion, cation, integral characteristics.*

Тема исследования является актуальной, т. к. в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» расположены крупные сельскохозяйственные предприятия, фермы, дачные участки и населенные пункты, которые оказывают определенное влияние на водные и растительные ресурсы парка. В настоящее время развитию парка уделяется большое внимание: систематически проводятся гидрохимические и биологические исследования, очистка и реконструкция водных систем, повышаются требования к составу и очистке используемых водных ресурсов.

Цель исследования: изучить химический состав образцов природных вод Волго-Ахтубинской поймы, выявить уровень возможного антропогенного воздействия и сделать выводы об использовании вод в хозяйственно-бытовой деятельности.

Задачи:

1. Изучить литературу по тематике исследования.
2. Освоить методики физико-химического анализа природных вод.
3. Определить географию исследования и места отбора проб поверхностных вод Волго-Ахтубинской поймы.
4. Осуществить отбор образцов воды из отдельных источников и провести их анализ.
5. По полученным результатам сделать выводы.

Пробы природных вод Волго-Ахтубинской поймы отобраны в осенний период 2018 г. в направлении «х. Бобры – р. Ахтуба». Применены физико-химические методы исследования природных вод, адаптированные к имеющимся лабораторным условиям и отражающие требования ГОСТов [1, 2]. Анализ проб осуществлен в лаборатории химии на кафедре «Теория и методика биолого-химического образования и ландшафтной архитектуры» ВГСПУ. Работа выполнена в рамках учебно-исследовательского проекта Всероссийского конкурса имени В.И. Вернадского.

Объекты исследования: 1. х. Бобры, рукав Волги; 2. ер. Верблюд; 3. ер. Судомойка; 4. оз. Запорное; 5. оз. Дегтярное; 6. ер. Гнилой; 7. ер. Осинки; 8. р. Ахтуба; 9. оз. Ильмень (луж.); 10. ер. Пахотный; 11. оз. Ильмень; 12. р. Волга.

Применены следующие методы анализа:

Определение анионов

Хлорид-ион Cl^- – титрованием рабочим раствором нитрата серебра в присутствии реагента-индикатора хромата калия; сульфат-ион SO_4^{2-} – качественно с полуколичественной оценкой с применением реактива хлорида бария; нитрат-ион NO_3^- – качественной реакцией с дифениламином; гидрокарбонат-ион HCO_3^- – титрованием рабочим раствором соляной кислоты в присутствии индикатора метилового-оранжевого.

Определение катионов

Общее железо Fe^{3+} – метод основан на взаимодействии железа (III) в сильноокислой среде с роданидом аммония или гексоцианоферратом (II) калия; ионы марганца Mn^{2+} – колориметрическим методом с применением персульфата аммония в присутствии ионов серебра. Методики определения данных тяжелых металлов описаны в работе более подробно.

Ионы кальция и магния Ca^{2+} и Mg^{2+} определены комплексонометрическим методом [3].

Определение интегральных характеристик

Водородный показатель pH измерен на приборе «pH-метр» с применением селективного электрода; окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) – на приборе «Мультитест» с применением платинового электрода. Сущность потенциометрического метода анализа изложена ниже.

Минерализация (сухой остаток) определена на приборе кондуктометре-солемере КСЛ-101 [4]; окисляемость – перманганатометрическим методом по Кубелю; общая жесткость – трилонометрическим методом [3].

Определение общего железа методом визуальной колориметрии [1, 2, 3]

Реактивы

- персульфат аммония;
- квасцы железоммонийные;
- аммоний роданистый (роданид) или калий роданистый;
- кислота соляная 1,19 г/мл;
- водорода перекись, 33%-ный раствор;
- вода дистиллированная.

Приготовление основного стандартного раствора железоммонийных квасцов

0,8836 г свежеперекристаллизованных железоммонийных квасцов, взвешенных с погрешностью не более 0,0002 г, растворяют в мерной колбе вместимостью 1 л в небольшом количестве дистиллированной воды, добавляют 2 мл концентрированной соляной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой.

Приготовление рабочего стандартного раствора железоммонийных квасцов

Рабочий раствор готовят в день проведения анализа разбавлением основного раствора в 10 раз дистиллированной водой. 1 мл раствора содержит 0,01 мг железа.

Приготовление раствора роданистого аммония или роданистого калия

50 г роданида, взвешенных с погрешностью не более 0,5 г, растворяют в 50 мл дистиллированной воды.

Приготовление раствора соляной кислоты плотностью 1,12 г/см³

К 65 мл дистиллированной воды приливают 100 мл соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³.

Приготовление шкалы стандартных растворов

В плоскодонные колбы вносят 1-2-3-6-1,2-2,4-4,8 мл рабочего стандартного раствора, доводят объем до 50 мл дистиллированной водой и проводят весь анализ. Получают серию стандартных растворов с содержанием железа 0,1-0,2-0,3-0,6-1,2-2,4-4,8 мг/л. Окраска шкалы стандартных растворов устойчива в течение 6 месяцев при хранении в темном месте.

Ход определения

Качественное определение с приблизительной количественной оценкой. В пробирку наливают 50 мл испытуемого раствора, добавляют 2 капли концентрированной соляной кислоты и несколько кристаллов персульфата аммония и 0,2 мл роданида аммония или калия. После внесения каждого реагента содержимое пробирки перемешивают. Обратите внимание на интенсивность цвета раствора.

Определение марганца методом визуальной колориметрии [1, 2, 3]

Реактивы

- перманганат калия;
- ортофосфорная кислота 20%-й раствор;
- нитрат серебра 1%-й раствор;
- персульфат аммония.

Приготовление стандартного раствора перманганата калия

9 мл точно 0,01 н. раствора KMnO_4 вносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, разбавляют дистиллированной водой до метки и перемешивают. 1 мл раствора содержит 0,01 мг Mn^{2+} .

Приготовление основного стандартного раствора сульфата марганца

0,2748 г MnSO_4 прокаленного при 500°C , растворяют примерно в 10 мл разбавленной (1:4) горячей серной кислоты и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. 1 мл раствора содержит 0,10 мг Mn .

Приготовление рабочего стандартного раствора сульфата марганца

Раствор готовят разбавлением 100 мл основного раствора до 1 л дистиллированной водой. 1 мл раствора содержит 0,01 мг Mn .

Приготовление шкалы стандартных растворов

В колбы вместимостью 50 мл вносят следующие количества основного стандартного раствора сульфата марганца (1 мл раствора содержит 0,10 мг Mn) 0,0; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0. Затем в каждую колбу добавляют до 10 мл 20%-го раствора ортофосфорной кислоты, 10 мл 1%-го раствора AgNO_3 и около 0,3 г персульфата аммония. Добавляют дистиллированную воду до метки и перемешивают. Нагревают до кипения и держат на водяной бане 10 мин. Получают стандартную шкалу с содержанием Mn^{2+} 0,0; 0,05; 0,1; 0,2; 1,0; 2,0 мг/л соответственно.

Ход определения

В колбу вместимостью 50 мл внести 40 мл исследуемой воды. Затем добавить 10 мл 20%-го раствора ортофосфорной кислоты, 10 мл 1%-го раствора AgNO_3 и около 0,3 г персульфата аммония. Нагреть до кипения и держать на водяной бане 10 минут. Результат исследования оценивать со шкалой стандартных растворов.

Сущность потенциометрического метода анализа [4]

Метод основан на измерении электродвижущей силы гальванического элемента (т. е. зависимости электродных потенциалов от характера электродных процессов и активности веществ, участвующих в них). Появление электродного потенциала связано с электрохимическим процессом, происходящим на границе раздела металл-раствор. Измерение разности потенциалов (ЭДС) гальванических элементов с мембранными электродами можно проводить с помощью любого потенциометрического прибора. Для этой цели служат иономеры, рН-метры серии «Мультитест» и другие устройства. Эти физические приборы были использованы для определения водородного показателя рН, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) и общей минерализации (сухого остатка).

Результаты анализа образцов проб Волго-Ахтубинской поймы

В табл. 1, 2, 3 (см. на с. 51) номера проб соответствуют последовательности указанных выше объектов исследования (места отбора проб).

Таблица 1

Содержание анионов в анализируемых пробах воды

№ пробы	Cl, мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	NO ₃ , мг/мл	HCO ₃ , мг/мл
1	94	70	<45	152,5
2	60	30-35	45	140,3
3	75	30	45	207,4
4	83	40	<45	183
5	105	15	<45	158,6
6	76	25	45	189,4
7	112	30	>45	152,5
8	71	25	45	122
9	77	40	<45	244
10	76	35	<45	148,4
11	83	35	<45	146,4
12	98	80	<45	152,5
ПДК	350	500	45	300

Таблица 2

Содержание катионов в анализируемых пробах воды

№ пробы	Железо общ., мг/л	Mn ²⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л
1	>0,3	<0,1	62,1	8,4
2	<0,3	<0,1	47,1	9,6
3	<0,3	<0,1	62,1	8,4
4	<0,3	0,1	57,1	19,3
5	0,3	<0,1	58,1	3,6
6	0,3	<0,1	74,2	14,5
7	<0,3	<0,1	46,1	12,1
8	<0,3	<0,1	54,3	7,2
9	<0,3	<0,1	64,0	14,5
10	<0,3	>0,1	74,3	9,4
11	<0,3	<0,1	75,2	8,4
12	<0,3	<0,1	56,4	9,6
ПДК	0,3	0,1	140	85

Таблица 3

Определение интегральных характеристик проб воды

№ пробы	pH, ед.	ОВП, мВ	Минерализация по NaCl, мг/л	Окисляемость перм., мг О ₂ /л	Жесткость общ., мг-экв./л
1	7,4	233,5	247,3	7,6	3,8
2	7,6	357,8	218	9,7	3,1
3	7,1	333,3	281,5	12,9	4,4
4	7,3	329,7	255,3	10	4,4
5	7,1	344	357,4	16,4	3,2

№ пробы	pH, ед.	ОВП, мВ	Минерализация по NaCl, мг/л	Окисляемость перм., мг O ₂ /л	Жесткость общ., мг-экв./л
6	6,9	330,8	285,8	5,7	4,9
7	7	286,9	387	8,8	3,3
8	7,4	312,7	222,2	6,3	3,3
9	7,2	304,5	279,1	11,2	4,4
10	7,2	274,3	295	6,5	4,5
11	7	315	254	10,6	4,4
12	7,8	331,7	241	8,1	3,6
ПДК	6-9	Не гостирована	1000	5	7

Выводы:

1. Освоены физико-химические методы анализа природных вод на содержание основных компонентов (анионный, катионный состав и интегральные характеристики).

2. Химический состав водоемов по изученным параметрам в основном отвечает требованиям ПДК. Отмечено превышение значений ПДК в водоемах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 по следующим параметрам: окисляемость – во всех пробах, железо, марганец, нитраты – в отдельных. Это можно объяснить природными факторами и возрастающей антропогенной нагрузкой на эти водоемы. Все анализируемые воды можно отнести к умеренно жестким, с низкими показателями минерализации, с нейтральной или слабощелочной средой.

3. Результаты исследований в целом согласуются с ранее выполненными в Волгоградском государственном социально-педагогическом университете работами по изучению состава природных вод Волго-Ахтубинской поймы [5, 6]. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего мониторинга состава водных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы, оценки их экологического состояния и динамики изменений параметров. В направлении данных исследований могут принимать участие ученики школ и студенты.

Литература

1. Вода питьевая. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1976.
2. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. Дата введения: 1999-07-01.
3. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы определения вредных веществ в воде водоемов. М.: Медицина, 1981.
4. Примеры выполнения методик химического анализа с использованием приборов серии МУЛЬТИТЕСТ. Научно-производственное предприятие «СЕМИКО», НПҚД. 421598.100 Д 2 изм. 6, Новосибирск, 2011.
5. Прокшиц В.Н., Дмитриев В.А., Балашова Л.М. Исследование поверхностных и грунтовых вод Волго-Ахтубинской поймы на содержание марганца и железа с определением общего солевого состава // Электрон. науч.-образоват. журнал ВГСПУ «Грани познания». 2015. № 2(35). С. 111–115. [Электронный ресурс]. URL: <http://grani.vspu.ru/files/publics/1427895552.pdf> (дата обращения: 19.09.19).
6. Прокшиц В.Н., Коновалова Д.В., Николко К.А. [и др.] Активизация познавательной деятельности учащихся при изучении соединений металлов в школьном курсе химии // Актуальные вопросы теории и практики биологического и химического образования: материалы XIII Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. (апрель 2019 г., г. Волгоград). М.: Планета, 2019. С. 187–192.