

Региональная научно-практическая конференция ЧелГУ

Определение основных гидрохимических показателей карьеров на территории
парка имени Ю.А. Гагарина города Челябинска
Исследовательская работа

Автор: Пигас Александр,
10 класс, МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска»,
Научный руководитель:
Лисун Наталья Михайловна,
к.п.н., доцент, учитель биологии
МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска»

Челябинск, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ ВОД ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ	4
1.1 Формирование химического состава вод искусственных водоёмов	4
1.2 Состав и основные гидрохимические показатели природных вод	6
ГЛАВА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРЬЕРОВ	9
2.1 Материалы и методы определения гидрохимических показателей воды	9
2.2 Анализ полученных результатов	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
ПРИЛОЖЕНИЯ	17

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы чистой воды требует вовлечения в хозяйственный оборот или в рекреационную деятельность новых водных объектов. Среди потенциальных водных объектов Челябинска, которые могут быть вовлечены в хозяйственную или другие виды деятельности человека, можно выделить карьеры, расположенные на территории ЦПКиО им. Ю.А. Гагарина. Определение экологического состояния этих водоемов позволит говорить о возможности интенсификации их использования, например, обустройства официальных зон отдыха или вовлечения территории карьеров в функционирование Челябинского зоопарка. В связи с этим, исследование химического состава воды карьеров, расположенных на территории парка, представляет интерес в практическом плане.

Целью работы является определение основных гидрохимических показателей карьеров парка им. Ю.А. Гагарина. Для выполнения этой цели поставлен ряд задач:

1. Изучить факторы, влияющие на формирование химического состава вод искусственных водоемов;
2. Ознакомиться с методами определения важнейших гидрохимических показателей качества воды;
3. Провести химический анализ воды карьеров парка Ю.А. Гагарина;
4. Обобщить полученные результаты.

Предмет данного исследования: гидрохимические показатели водоемов.

Объект исследования: вода карьеров, расположенных на территории ЦПКиО им. Ю.А. Гагарина.

Гипотеза: в связи с естественным развитием системы карьеров парка им. Ю.А. Гагарина, в них можно ожидать повышенного содержания биогенных элементов.

Методы исследования: изучение и анализ научной литературы; титриметрический анализ (комплексометрия, окислительно-восстановительное титрование); фотометрический метод.

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ ВОД ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ

1.1 Формирование химического состава вод искусственных водоёмов

Формирование химического состава вод в искусственных водоёмах - сложный процесс, определяющийся прямыми и косвенными факторами воздействия [6].

К прямым факторам, непосредственно воздействующим на водный объект и обуславливающим его гидрохимические параметры, относятся состав горных пород, слагающих озерную котловину, почвы прилегающих водосборных территорий, с которых происходит поверхностный сток, а также живые организмы, обитающие в водоеме, и хозяйственная деятельность человека.

К косвенным факторам относятся компоненты, определяющие условия, в которых действуют прямые факторы: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические условия и т. д.

Карьерные озера формируются в результате смешения трещинных напорных вод, атмосферных осадков и поверхностного стока. С момента возникновения озера между его водной массой и породами котловины происходит взаимодействие в виде сложных механических, физико-химических и биологических процессов. Первоначальный вид котловины постепенно начинает претерпевать изменения. Поскольку уступы бортов карьера устойчивы только в сухом виде, то при их затоплении начинают развиваться оползневые процессы, приводящие к сглаживанию уступов и выравниванию поверхности котловины[5].

Далее к механическому воздействию водной массы присоединяется химическое выветривание горных пород. В водоносных горизонтах, заключенных в осадочных толщах, происходит обогащение вод ионами за счет выщелачивания растворимых минералов, находящихся в породах [8]. Основными минералами, определяющими состав природных вод, являются галит (NaCl), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), кальцит (CaCO_3), доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Переход минеральных веществ из горных пород в воду может интенсифицироваться при изменении кислотно-основных условий вод.

Почвы обогащают воду ионами, газами, органическими веществами, особенно гуминовыми и фульвокислотами, образующимися в почвах при разложении растительных и животных остатков. Аккумулируя различные загрязнители, попадающие из атмосферы, почва выступает в качестве их накопителя и может выступать в качестве вторичного источника химических элементов в гидросфере.

Биологические факторы обуславливают биогенную метаморфизацию природных вод. Растительность оказывает влияние на накопление органического вещества в водоемах, формирование кислородного режима. Процессы фотосинтеза и дыхания обеспечивают баланс в воде углекислого газа и воды. Процессы разложения растительных остатков приводят к появлению в воде сероводорода[7].

Одним из основных антропогенных факторов, оказывающих непосредственное влияние на химический состав природных вод, являются сточные воды, которые могут содержать весь перечень природных и созданных человеком химических элементов и веществ. Так как полностью очистить сточные воды не представляется возможным, то все эти вещества оказываются в почве, воде, атмосфере.

К косвенным факторам формирования химического состава относятся физико-географические условия формирования состава вод. Так, от рельефа местности зависит размер поверхностного стока, обеспечивающий внесение химических веществ от прилегающих почв, дренирование подземных вод и перераспределение выпавших на земную поверхность осадков, солевой режим почв и заболоченность местности. Все эти показатели оказывают влияние на гидрохимический состав через миграцию компонентов от почвы в воду.

Климат определяет метеорологические условия, от которых зависит водный режим поверхностных и подземных вод. К основным метеорологическим условиям относятся атмосферные осадки, температура, испарение. Атмосферные осадки являются одним из главных факторов формирования химического состава поверхностных и части подземных вод.

Температура водоема определяется целым рядом одновременно протекающих процессов: солнечная радиация, испарение, турбулентный обмен с атмосферой, турбулентное перемешивание водных масс и т. д. С температурой связано

протекание многих физических, химических и биологических процессов, что во многом определяет формирование химического состава воды. Интенсивное испарение приводит к повышению концентрации веществ, образованию растворов с малой растворяющей способностью, в которых избыточные вещества начинают выпадать в осадок и переходить в донные отложения.

Процессы выветривания способствуют переносу минеральных веществ горных пород и органического и минерального вещества почв в водную среду. Различают физическое, химическое и биологическое выветривание. Физическое выветривание происходит под влиянием колебаний температуры, неравномерного прогрева пород, что приводит к их механическому раздроблению. Химическое выветривание совершается при воздействии химических веществ окружающей среды. Биологическое выветривание происходит под влиянием живых организмов и продуктов их жизнедеятельности [3].

В каждой конкретной системе может преобладать тот или иной фактор, а при их сочетании происходят сложные физико-химические процессы, результатом которых является формирование гидрохимической среды водоема.

1.2 Состав и основные гидрохимические показатели природных вод

При исследовании гидрохимического состояния водоемов наибольшую важность и значение приобретают следующие показатели: общая жесткость, перманганатная окисляемость, соединения азота и фосфора.

Жесткость воды — одно из важнейших свойств, имеющее большое значение при водопользовании. В природных водах постоянно присутствуют ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые обуславливают общую жесткость воды. Основным источником их поступления в воду — растворение пород, содержащих известняки, доломит, гипс, сложные алюмосиликаты. По величине жесткости различают следующие группы вод: очень мягкие — до 1,5 ммоль/л; мягкие — 1,5-4 ммоль/л; средней жесткости — 4-8 ммоль/л; жесткие — 8-12 ммоль/л; очень жесткие — более 12 ммоль/л [2].

Определение жесткости в лаборатории проводится комплексонометрически с помощью трилона Б.

Перманганатная окисляемость воды. В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т.д.

Определение величины перманганатной окисляемости воды проводят путем обратного титрования с помощью щавелевой кислоты (метод Кубеля).

Соединения азота (аммиак, нитриты, нитраты) – возникают, главным образом, из белковых соединений, которые попадают в воду вместе со сточными водами.

Катионы аммония являются продуктом микробиологического разложения белков животного и растительного происхождения. Образовавшийся таким образом аммоний вновь вовлекается в процесс синтеза белков, участвуя тем самым в биологическом круговороте веществ (цикле азота). По этой причине аммоний и его соединения в небольших концентрациях обычно присутствуют в природных водах.

Аммонийные соединения в больших количествах входят в состав минеральных и органических удобрений, избыточное и неправильное применение которых приводит к соответствующему загрязнению водоемов.

Нитрифицирующие бактерии превращают аммонийные соединения в нитриты в аэробных условиях. Некоторые виды бактерий в процессе своей жизнедеятельности также могут восстанавливать нитраты до нитритов, однако это происходит уже в анаэробных условиях. Нитриты часто используются в промышленности как ингибиторы коррозии, в пищевой промышленности как консерванты.

Нитратобразующие бактерии превращают нитриты в нитраты в аэробных условиях. Под влиянием солнечного излучения атмосферный азот (N_2) превращается также преимущественно в нитраты посредством образования оксидов азота. Многие минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоемов.

В природных и сточных водах фосфор может присутствовать в разных видах. В растворенном состоянии он может находиться в виде ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) и ее анионов (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), в виде мета-, пиро- и полифосфатов. Кроме того, существуют разнообразные фосфорорганические соединения — нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, фосфолипиды, которые также могут присутствовать в воде, являясь продуктами жизнедеятельности или разложения организмов. Фосфор может содержаться и в нерастворенном состоянии, присутствуя в виде взвешенных в воде труднорастворимых фосфатов, включая природные минералы, белковые, органические фосфорсодержащие соединения, остатки умерших организмов и др.

Фосфор является необходимым элементом для жизни, однако его избыток приводит к ускоренной эвтрофикации водоемов. Большие количества фосфора могут попадать в водоемы в результате естественных и антропогенных процессов — поверхностной эрозии почв, неправильного или избыточного применения минеральных удобрений и др. [1].

Поступление и накопление в гидросфере соединений фосфора и азота — важнейших биогенных элементов, приводит к повышению степени эвтрофности водоемов и ухудшению их качества.

ГЛАВА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРЬЕРОВ

2.1 Материалы и методы определения гидрохимических показателей воды

Центральный парк культуры и отдыха имени Гагарина создан в 1934 году в северо-восточной части Челябинского городского бора. На территории парка расположен ряд карьерных озер, котловина которых имеет гранитное обрамление.

Одним из наиболее крупных карьеров на территории парка является Голубой карьер. Его площадь составляет 80 тыс. м². Котловина карьера и его дно выложены преимущественно желтовато- и розовато- серыми гранитами, состоящими из полевого шпата, кварца. Более 100 лет назад карьер был местом добычи гранита. После выработки месторождения карьер был заброшен, и превратился в искусственный водоем, развивающийся без активного антропогенного воздействия.

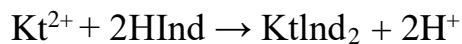
Для других карьеров парка характерны малые размеры. Они также были организованы, как источники добычи гранита, но в настоящий момент потеряли свое производственное значение, на их территории созданы кафе, пункты проката катамаранов.

Для исследования были отобраны три карьера территории парка: Голубой карьер, карьер вокруг Свадебного острова, карьер около ресторана "Шафран".

Отбор проб воды для анализа проводился на карьерах в осенний период (сентябрь – октябрь). Вода отбиралась на участках с отсутствием мусора и посторонних предметов как в воде, так и на берегу. Отбор проводился в промытую пластиковую тару с глубины 25-30 см, пробы доставлялись в лабораторию кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ, где проводился лабораторный анализ.

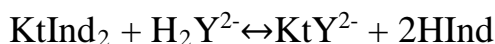
Определение содержания ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} и величина жесткости воды проводились методом комплексометрического титрования (Приложение 1), основанного на взаимодействии динатриевой соли этилендиамина тетрауксусной кислоты (трилон Б) в присутствии индикатора эриохрома черного Т с катионами двухвалентных металлов с образованием устойчивых комплексных соединений при

различных значениях pH. На первой стадии происходит взаимодействие индикатора с катионами, сопровождаемое изменением окраски раствора [4]:



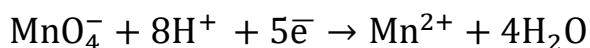
б/ц синий красный

При титровании полученного раствора трилоном Б происходит образование более устойчивого комплекса катиона с комплексоном и восстановление окраски индикатора:

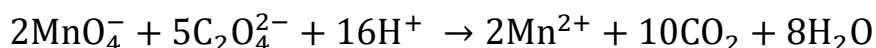


красный б/ц б/ц синий

Величину перманганатной окисляемости определяли окислительно-восстановительным титрованием в варианте обратного титрования с щавелевой кислотой (метод Кубеля) (Приложение 2). Метод основан на окислении веществ, присутствующих в пробе воды 0,01н раствором перманганата калия в сернокислой среде при кипячении. Перманганат-ион в сильноокислых средах окисляет присутствующие в воде восстановители, восстанавливаясь до двухвалентного марганца:

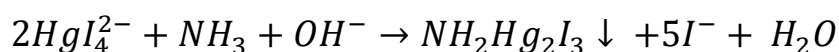


Избыток перманганата калия восстанавливается щавелевой кислотой:



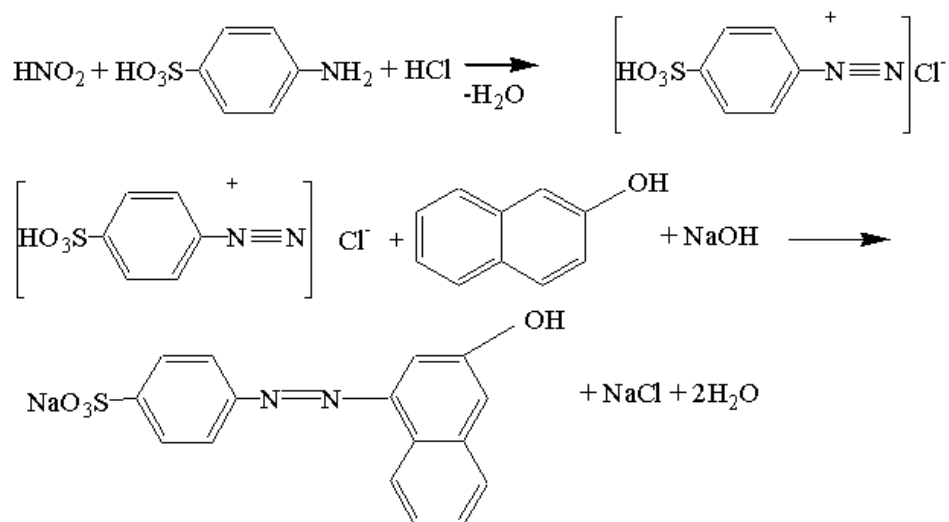
Не вступившая в реакцию щавелевая кислота оттитровывается перманганатом калия по приведенному выше уравнению.

Определение содержания аммиака и ионов аммония в воде проводили фотометрическим методом с реактивом Несслера (Приложение 3). Метод основан на способности свободного аммиака и ионов аммония образовывать со щелочным раствором йодида ртути (II) окрашенное в желтый цвет соединение – йодид меркураммония:

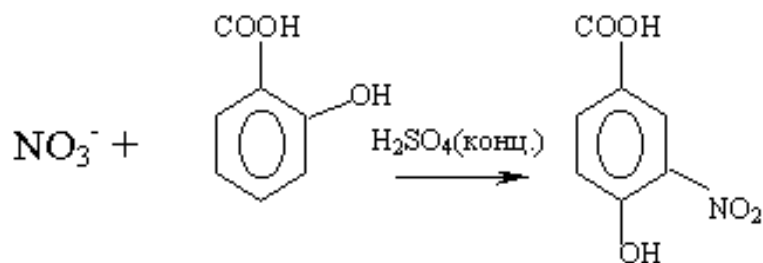


Определение нитритов в воде проводили фотометрическим методом с реактивом Грисса (Приложение 4). Метод основан на диазотировании сульфаниловой кислоты присутствующими в пробе нитритами и на реакции

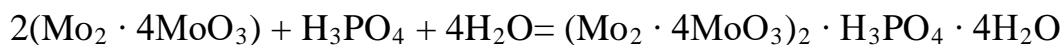
получения соли с а-нафтиламином с образованием красно-фиолетового азокрасителя:



Содержание нитратов в воде определяли фотометрическим методом с использованием салициловокислого натрия (Приложение 5). В среде концентрированной серной кислоты нитрат-ионы реагируют с салицилатом натрия, образуя смесь 3-нитросалициловой и 5-нитросалициловой кислот, соли которых в щелочной среде имеют желтую окраску:



Определение содержания фосфора в виде ортофосфатов и полифосфатов в воде проводили фотометрическим методом, основанным на образовании комплексной фосфорномолибденовой кислоты, окрашенной в интенсивно синий цвет (молибденовая синь) (Приложение 6):



2.2 Анализ полученных результатов

Результаты выполненного лабораторного анализа проб воды, осуществленного на базе лаборатории ЮУрГГПУ, и их сравнение с нормативными показателями для вод различных типов водопользования, приведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты химического анализа воды карьеров парка Ю.А. Гагарина

Определяемые показатели	Проба воды		
	Голубой карьер	Карьер вокруг Свадебного острова	Карьер около ресторана "Шафран"
Жесткость общая, ммоль/л	1,40±0,03	1,55±0,05	1,75±0,08
Нормы ПДК	Хоз.-пит*., культ.-быт*., рыб.хоз**. (7 (10))		
Окисляемость перманганатная, мгО/л	1,28±0,04	4,96±0,03	4,48±0,06
Нормы ПДК	Хоз.-пит. (3,0); культ.-быт., рыб.хоз. (6,0)		
Азот аммонийный, мгNH ₄ ⁺ /л	0,2±0,03	0,36±0,05	0,04±0,02
Нормы ПДК, по NH ₄ ⁺	Хоз.-пит.(1,0); культ.-быт.(2,0); рыб.хоз.(0,5)		
Нитраты, мгN/л	0,018±0,006	0,01±0,04	0,005±0,001
Нормы ПДК	Хоз.-пит. (1); культ.-быт. (10); рыб.хоз. (9)		
Нитриты, мгNO ₂ ⁻ /л	0,05±0,05	0,007±0,006	0,001±0,009
Нормы ПДК	Хоз.-пит. (3,0); культ.-быт. (3,3); рыб.хоз. (0,08)		
Фосфаты, мгPO ₄ ³⁻ /л	0,004±0,008	0,026±0,002	0,030±0,005
Нормы ПДК	Хоз.-пит., культ.-быт. (3,5); рыб.хоз. (0,04-0,2)		

*ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [9]

**Приказ Министерства сельского хозяйства Российской от 13 декабря 2016 года №552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [10]

Анализ представленных результатов позволяет сделать выводы о соответствии определенных гидрохимических показателей отдельным видам водопользования на современном этапе развития исследуемых карьеров.

Воды мягкие и очень мягкие, что свидетельствует о низком содержании в растворе катионов двухвалентных металлов, обуславливающих жесткость. Данный факт может быть обусловлен гранитной структурой котловины карьеров, которая не только практически не участвует в формировании гидрохимического состава, но и ухудшает обмен веществом между водой карьеров и почвами прикарьерных территорий.

Для вод карьеров вокруг Свадебного острова и ресторана «Шафран» наблюдается превышение в 1,5 раза величины перманганатной окисляемости для водных объектов хозяйственно-питьевого, что может свидетельствовать о протекающих процессах разложения и накопления легкоокисляемого органического вещества. Водам Голубого карьера, имеющего значительно большие размеры, соответствуют значительно меньшие значения величины перманганатной окисляемости, несмотря на достаточно высокие, относительно других карьеров, значения содержания различных форм азота. Такое превышение может быть связано с малыми размерами карьеров, при которых выделение органического вещества приводит к значительному повышению его концентрации.

В целом, содержание биогенных элементов (азота и фосфора) в воде исследуемых карьеров не превышает количеств, допустимых нормативами ПДК.

Таким образом, по определяемым показателям воды исследуемых карьеров соответствуют нормативам качества для вод любого назначения водопользования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при выполнении работы проведено определение основных гидрохимических показателей (жесткость, перманганатная окисляемость, содержание соединений азота и фосфора) трех карьеров, расположенных на территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина. По материалам литературного анализа и полученным экспериментальным результатам можно сделать ряд выводов:

1. Формирование гидрохимического режима карьеров является сложным физико-химическим процессом, в котором принимают активное участие как прямые (состав котловины, почв, биологического вещества), так и косвенные (климат, рельеф, интенсивность выветривания) факторы среды.

2. Применение физико-химических методов анализа позволяет выполнять определение основных гидрохимических показателей с необходимой степенью точности и достоверности.

3. Анализируемые воды имеют низкий уровень жёсткости, так как котловины карьеров имеют не вымывающуюся гранитную структуру. Содержание азота и фосфора в воде исследуемых карьеров не превышает нормы ПДК. В водах карьеров вокруг Свадебного острова и ресторана «Шафран» отмечено превышение в 1,5 раза величины перманганатной окисляемости для водных объектов хозяйственно-питьевого, а вокруг Голубого карьера зафиксированы значительно меньшие значения величины перманганатной окисляемости.

4. По исследуемым показателям воды исследуемых карьеров могут быть теоретически использованы для любых целей водопользования, учтены при дальнейшем проведении мониторинговых исследований для планирования интенсификации хозяйственной деятельности на данных карьерах.

В ходе проведения исследования доказана гипотеза, состоящая в том, что в связи с естественным развитием системы карьеров парка им. Ю.А. Гагарина, в них можно ожидать повышенного содержания биогенных элементов. Несмотря на то, что содержание биогенных элементов (азота и фосфора) в воде исследуемых карьеров

не превышает количеств, допустимых нормативами ПДК, их наличие в воде влияет на показатели перманганатной окисляемости воды, величина которых превышает в 1,5 значение ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронова, Г.А. Химические элементы в биосфере / Г.А. Воронова, Т.А. Юрмазова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 94 с.
2. Гришина, Е.П. Основы химии окружающей среды. Учебное пособие. Часть 2. Химические процессы в гидросфере / Е.П. Гришина. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 60 с.
3. Миклашевский, Н.В. Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры / Н.В. Миклашевский, С.В. Королькова. – СПб.: Изд-во Арлит, 2000. – 240 с.
4. Петин, А.Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
5. Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев. – М.: Изд-во Колос, 2000. – 536 с.
6. Бузник, В.М. В.А. Коптюг о роли химии в устойчивом развитии общества / В.М. Бузник // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – №9. – С. 315-330
7. Остроумов, С.А. Формирование и улучшение качества воды: ключевая роль биологических и эколого-биохимических факторов / С.А. Остроумов, И.К. Тодераш, Л.Н. Унгурияну и др. // Buletinul Academiei de Științe a Republicii Moldova. Științele vieții. — 2009. — №3. — С. 22–44
8. Филиппова, К.А. Химический состав вод карьерных озер Южного Урала / К.А. Филиппова, П.Г. Аминов, В.Н. Удачин, А.Ю. Кисин, В.И. Гребенщикова и др. // Вода: химия и экология. – 2013. – №7 (61). – С. 3-8
9. ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утвержден 27.04.2003. <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm>
10. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года №552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. <http://docs.cntd.ru/document/420389120>

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Определение жесткости воды методом комплексометрического титрования с трилоном Б

Мерной колбой отмерили 100 мл исследуемой воды и перелили её в коническую колбу. Добавили к воде 5 мл аммиачно-буферной смеси, затем 7-8 капель спиртового раствора индикатора эриохром черного Т. Тщательно перемешали, раствор окрасился в винно-красный цвет. Смесь оттитровали 0,05 Н раствором Трилона Б. Закончили титрование тогда, когда после добавления очередной капли окраска раствора приобрела синий цвет с зеленоватым оттенком и с добавлением лишней капли раствора комплексона не изменилась. Определили объем Трилона Б, израсходованного на титрование.

Произвели расчет общей жесткости воды (J_0) в мг*эquiv/л по формуле:

$$J_0 = \frac{N \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2},$$

где V_1 – объем раствора трилона Б, пошедший на титрование, мл; N – нормальность раствора трилона Б; V_2 – объем воды, взятый для определения, мл.

Определение перманганатной окисляемости окислительно-восстановительным титрованием в варианте обратного титрования с щавелевой кислотой (метод Кубеля)

В колбу поместили 100 мл исследуемой воды (или разбавленной до 100 мл), несколько кипячительных камешков, прилили 5 мл разбавленной серной кислоты (1:3) и 10 мл 0,01 Н перманганата калия.

Смесь нагревали так, чтобы она закипела не более чем через 5 мин. и кипятили точно 10 минут, закрыв маленькой конической воронкой для уменьшения испарения.

К горячему раствору прибавили 10 мл 0,01 Н раствора щавелевой кислоты.

Обесцвеченную горячую смесь оттитровали 0,01 Н раствором перманганата калия до слабо-розового окрашивания.

Одновременно провели холостой опыт со 100 мл дистиллированной воды и обработали её так же, как и анализируемую воду.

Величину перманганатной окисляемости (мг О/л) рассчитали по формуле:

$$X=(A-B)*K*0,01*8*1000/V,$$

где А – объем 0,01 Н раствора перманганата калия, израсходованного на титрование исследуемой пробы, мл; В – объем 0,01 Н раствора перманганата калия, израсходованного на титрование холостой пробы, мл; К – поправочный коэффициент раствора перманганата калия; V – объем пробы, взятой для анализа, мл; 8 – молярная масса эквивалентов кислорода, г/моль.

Определение содержания аммиака и ионов аммония в воде фотометрическим методом с реактивом Несслера

К 50 мл исследуемой воды или к меньшему объему, доведенному до 50 мл дважды дистиллированной водой, прибавили 1 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли, смесь тщательно перемешали. Затем прибавили 1 мл реактива Несслера и снова перемешали. По истечении 10 мин колориметрировали в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см с фиолетовым светофильтром ($\lambda=425\text{нм}$) по отношению к безаммиачной воде, в которую были добавлены соответствующие реактивы.

Содержание ионов аммония (мг) находили по калибровочному графику.

Калибровочная кривая: В мерные колбы на 50 мл долили 0,0 - 0,1- 0,2 -0,5 – 1 – 1,5 – 2 - 3 мл рабочего стандартного раствора хлорида аммония, объем довели дистиллированной водой до 50 мл и добавили реактивы, как при анализе пробы. Фотометрировали через 10 мин. после прибавления реактива Несслера. Построили калибровочный график в координатах «оптическая плотность – содержание ионов NH_4^+ (мг)».

Концентрацию ионов аммония (мг NH_4^+ /л) рассчитали по формуле:

$$X=A*1000/V,$$

где А – содержание ионов NH_4^+ , найденное по калибровочному графику, мг; V – объем пробы, взятой для анализа, мл.

Определение нитритов в воде фотометрическим методом с реактивом Грисса

К 50 мл пробы прибавили 2 мл раствора реактива Грисса, перемешали. Через 10 минут фотометрировали при длине волны 520 нм по отношению к раствору сравнения. Толщина кюветы 5 см.

Построение градуировочного графика: В мерные колбы объемом 50 мл внесли: 0 – 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 2,0 – 5,0 – 10,0 – 15,0 мл рабочего раствора NaNO_2 и довели объем до метки дистиллированной водой. Далее провели анализ и фотометрировали, как при исследовании пробы. По полученным данным построили градуировочный график, откладывая на оси абсцисс массовые концентрации нитритов в мг/л, а по оси ординат – соответствующие им значения оптической плотности.

Массовую концентрацию нитритов $\rho(\text{NO}_2^-)$ вычислили по формуле:

$$\rho(\text{NO}_2^-) = \rho^l(\text{NO}_2^-) * 50/V \text{ (мг/л)},$$

где $\rho(\text{NO}_2^-)$ – массовая концентрация нитритов в исследуемом растворе; $\rho^l(\text{NO}_2^-)$ – массовая концентрация по градуировочному графику; V – объем пробы, взятой для анализа, мл; 50 мл – объем стандартного раствора.

Определение содержания нитратов в воде фотометрическим методом с использованием салициловокислого натрия

В фарфоровую чашку поместили 20 мл исследуемой воды, прибавили 2 мл раствора салицилата натрия, выпарили досуха на водяной бане. После охлаждения сухой остаток увлажнили 2 мл концентрированной серной кислоты и оставили на 10 мин. Затем добавили 15 мл дистиллированной воды и 15 мл сегнетовой соли. Количественно перенесли в мерную колбу на 50 мл, довели объем дистиллированной водой до метки и определили оптическую плотность при 410 нм в кювете на 2 см. Содержание нитрат ионов определили по градуировочной кривой, которая строилась в диапазоне от 0,1 до 4,0 мг NO_3^- .

Построение градуировочной кривой: В фарфоровые чашки внесли 0 - 0,5 – 2,5 – 5,0 – 10,0 – 20,0 мл рабочего раствора, добавили по 2 мл раствора салицилата натрия, выпарили досуха. Далее провели те же операции, что и с исследуемой пробой.

Определение содержания фосфора в виде ортофосфатов в воде
фотометрическим методом

Построение калибровочного графика. В мерные колбы вместимостью 50 мл внесли пипеткой 0,0 - 0,5 - 1,0 - 2,0 - 5,0 - 10,0 - 20,0 мл рабочего стандартного раствора гидрофосфата натрия Na_2HPO_4 и довели объем раствора до метки дистиллированной водой.

В каждую мерную колбу добавили точно 1 мл раствора молибдата аммония, перемешали и через 5 минут внесли 0,1 мл раствора хлорида олова (II), перемешали. Интенсивность окраски измерили через 10-15 минут, пользуясь красным светофильтром ($\lambda = 690-720$ нм) и кюветами с толщиной слоя 2-3 см. По полученным величинам оптической плотности построили градуировочный график.

К 50 мл исследуемой воды внесли те же реактивы и в той же последовательности, что и в образцовые растворы. После того же временного интервала измерили оптическую плотность растворов и установили концентрацию ортофосфатов по градуировочному графику.