



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

## Способы очистки вод от органических веществ

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями  
подготовки)

Направленность программы бакалавриата  
«Биология. Химия»

Проверка на объем заимствований:

50,46 % авторского текста

Работа рекомендована к защите

рекомендована/не рекомендована

«01» 06 2019 г.

зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ

(название кафедры)

С Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1  
Корчагина Валентина Владимировна

К

Научный руководитель:

к.х.н., зав. кафедрой

С Сутягин Андрей Александрович

Челябинск  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ВОД И СПОСОБЫ ЕГО УДАЛЕНИЯ.....	6
1.1. Пути поступления органических веществ в водоемы.....	6
1.2. Основные способы определения органических веществ.....	8
1.3 Методы очистки вод.....	14
Выводы по первой главе.....	19
ГЛАВА 2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ.....	20
2.1. Коагуляция и флокуляция .....	20
2.2. Адсорбционная очистка .....	25
2.3 Ионообменная очистка.....	27
ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ.....	31
3.1 Исследование эффективности метода коагуляции для очистки вод, загрязненных органическими соединениями.....	31
3.2 Исследование эффективности адсорбционного метода для очистки вод, загрязненных органическими соединениями.....	33
3.3 Исследование эффективности ионообменного метода для очистки вод, загрязненных органическими соединениями.....	35
Выводы по третьей главе.....	37
ГЛАВА 4 МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТА.....	38
4.1 Технология проектной деятельности учащихся.....	38
4.2 Роль учителя в проектной деятельности.....	40
4.3 Сопровождение проектной деятельности учащегося по химии....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	52

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития техносферы количество загрязняющих веществ, поступающих в объекты окружающей среды, а также их разнообразие постоянно возрастает. Уровень поступления химических веществ в окружающую среду от различных источников таков, что природные экосистемы становятся неспособными к реализации своих буферных свойств и процессу самовосстановления. Скорость поступления веществ, превосходит скорость их нейтрализации или разложения, что приводит к нарушению круговорота веществ. В связи с этим необходима разработка новых и модернизация старых методов борьбы с загрязнением окружающей среды, в том числе, путем очистки сбрасываемых после использования вод обратно в водоемы. Это требует улучшения технологических процессов и формирования результативных очистных концепций, предусматривающих рекуперацию отходов и выделение из сбрасываемых вод негативно воздействующих на среду компонентов.

К числу загрязняющих компонентов, активно вносимых человеком в окружающую среду и способных оказывать на нее негативное воздействие, являются органические вещества – продукты бытовой и хозяйственной деятельности человека. Несмотря на происхождение, родственное природным соединениям, и способность включаться в биологический круговорот, эти соединения при высоком уровне поступления могут вызывать существенные негативные изменения в окружающей среде. Кроме того, существует целый ряд органических соединений как природного, так и техногенного происхождения, обладающих достаточно высокой токсичностью.

Одним из объектов окружающей среды, в которые поступают органические вещества, являются природные водоемы. Пути поступления этих веществ и их источники могут быть различными, но при последующих

вариантах водопользования вода нуждается в очистке от этих веществ. Особенно актуальной эта проблема становится для воды питьевого назначения, которая перед проведением обеззараживания методом хлорирования должны быть тщательно очищена от органических веществ [26].

Существует множество разработанных методов, используемых для очистки вод от органических веществ. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и выбор применяемой технологии определяется возможностями производства и конечным назначением воды. В то же время, представляет интерес определение эффективности отдельных методов.

Целью нашей работы является изучение способов очистки вод от органических веществ.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- изучение литературного материала, посвященного вопросам путей поступления органических веществ в водоемы, способам их обнаружения и методам очистки вод от органических веществ;
- проведение очистки воды от органических веществ с использованием методов – ионного обмена, адсорбции и коагуляции;
- изучение эффективности очистки воды от органических веществ через определение величины химического потребления кислорода до и после очистки;
- разработка методического сопровождения проектной деятельности обучающихся с использованием материала данной работы.

Предметом исследования – методы очистки воды от органического вещества.

Объект исследования – вода, загрязненная органическими веществами.

При выполнении работы использовались следующие методы исследования:

- титриметрия в варианте кислотно-основного титрования;
- метод приготовления стандартных растворов;

- коагуляционный метод очистки;
- адсорбционный метод;
- метод ионного обмена

# ГЛАВА 1 ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ВОД И СПОСОБЫ ЕГО УДАЛЕНИЯ

## 1.1. Пути поступления органических веществ в водоемы

Органические вещества в природных водах представлены разнообразными классами углеродсодержащих соединений различного происхождения и структурной организации (от простейших молекул до сложных органических полимеров). По своему происхождению это могут быть продукты жизнедеятельности растений и животных, населяющих гидробиотную экосистему, а также продукты антропогенного воздействия различного характера (бытовые стоки, сельскохозяйственные смывы и др.) [1].

Органические вещества могут попадать в водоемы как в растворенной форме, так и в виде взвешенных частиц (коллоидов, глинистого и использованного материала). Количество поступающих соединений находится в зависимости от большого количества факторов, ведущими из которых являются присутствие на водосборной территории локальных источников загрязнения, промышленных предприятий и населенных пунктов, уровень аграрной освоенности местности, уровень развития водной биоты.

Природными источниками поступления органических веществ являются процессы разложения отмерших организмов в результате деятельности микроорганизмов, а также смыв с почв продуктов гумификации. В то же время, антропогенное воздействие может существенно изменять вклад этих источников: внесение в почвы навоза или мочевины для повышения плодородия увеличивает интенсивность смыва, смыв с избыточными удобрениями соединений азота и фосфора приводит к интенсификации деятельности гидробионтов [5].

К антропогенным источникам поступления органических веществ в водоемы относятся локальные или рассеянные сбросы промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов и территорий, заселенной местности, предметов рекреации. Ведущими способами поступления загрязняющих веществ являются: местные сбросы, поверхностный сток, склоновый слив, атмосферные осадки.

Распространенными источниками, вредоносно воздействующими на качество вод водоемов, являются сосредоточенные стоки с животноводческих ферм, с земель аграрных угодий, стоки мелиорационных систем, промышленных компаний и предприятий по переработке аграрного сырья, бытовые и общественные стоки населенных мест и объектов рекреации, пыле-газовые выбросы больших промышленно-муниципальных агломераций.

Промышленные сточные воды обладают разнообразным химическим составом, зависящим от характера производства. Максимальное количество сточных вод образуется в нефтеперерабатывающей, металлургической, химической и целлюлозно-бумажной отраслях промышленности. В составе сточных вод этих предприятий присутствует широкий спектр органических веществ: карбоновые кислоты, спирты, фенолы, пестициды, СПАВ, нефтепродукты [7].

Сточные воды аграрного производства – коллекторные и дренажные воды обрабатываемых территорий, сточные воды животноводческих комплексов и ферм более распространены в регионах активного земледелия и животноводства. Структура вымываемых органических веществ находится в зависимости от характера почво-грунтов, вида вносимых удобрений и пестицидов, состояния дренажных сетей. Близость к водоемам крупных животноводческих комплексов вызывает глобальное загрязнение водных объектов сточными водами, органические вещества которых содержат не только углерод, но и биогенные элементы азот и фосфор. В связи с обширным использованием удобрений органической природы значительная

их часть выносятся совместно со сбросовыми и дренажными водами в водоемы и водотоки, загрязняя их, а выносимые соединения азота и фосфора служат фактором антропогенного эвтрофирования вод [14].

## **1.2. Основные способы определения органических веществ**

Проблема поступления химических веществ в водоемы и необходимость очистки вод от этих компонентов всегда сопряжена с решением проблем мониторинга водной среды и применением методов определения количественного содержания удаляемых компонентов.

В природной воде всегда присутствуют органические вещества, образующиеся в ней или поступающие из внешних источников, характеризующиеся разнообразной природой, свойствами и различной степенью воздействия на водную экосистему, разнообразно влияющие на возможность дальнейшего хозяйственного использования воды [13].

Существуют разнообразные частные методы определения в воде отдельных групп и представителей органических соединений: пестицидов, фенольных соединений, ПАВ и т.д. Но данные методы применяются в конкретных частных случаях, обычно, когда существует необходимость анализа степени воздействия на водную экосистему какого-либо конкретного объекта. Во многих случаях для оценки качества воды и пригодности ее для использования в той или иной области достаточно знать общее содержание органических веществ в воде, не разделяя его на группы и конкретные загрязнители. Поэтому чаще для оценки количественного содержания общего органического вещества используют общие косвенные методы его определения. К ним относятся, прежде всего, окисляемость воды, биохимическое потребление кислорода и содержание растворенного кислорода в воде [16].

Окисляемость воды – это общее количество восстановителей органического и минерального состава в воде, которые вступают в реакции с



сильными окислителями. Она выражается количеством растрачиваемого окислителя эквивалентно количеству кислорода выраженное в миллиграммах идущего на окисление восстановителей содержащихся в 1 л воды

Величина окисляемости природных вод зависит места нахождения водоема. Водоемы, находящиеся на территории рядом с болотами, торфяниками содержат органические вещества естественного происхождения. Окисляемость находится в пределах от сотых миллиграммов до десятков миллиграммов в 1 л [17].

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность. Так, в горах и в горных местностях окисляемость воды характеризуется маленьким содержанием органического вещества в почве. Самое высокое значение окисляемости воды находится в почвах, которые богаты органическими веществами, они располагаются в таежных зонах. В водах степных и тундровых зон окисляемость воды находится на среднем уровне.

Окисляемость зависит от сезонных колебаний. Так, наибольшие значения окисляемости характерны для природных вод в осенний период, когда наиболее активно происходит разложение мертвого органического вещества от погибших гидробионтов, а также происходит смыв с поверхностного слоя почв органического вещества. Наименьшими значениями окисляемости вод характеризуется зимний период, в который не проявляется биологическая активность системы, а водоемы находятся в «спящем» состоянии [20].

В водоемах и водотоках, подверженных сильному антропогенному воздействию, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод различного происхождения.

Образующиеся в водоеме естественным путем и поступающие в него с наружной стороны органические вещества очень разнообразны по своим химическим свойствам и составу, в том числе по прочности к действию

сильных окислителей. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и дихроматную окисляемость.

При определении перманганатной окисляемости окислителем является перманганат калия в кислой среде. Степень окисления перманганатом определяется химической природой окисляемых веществ и может колебаться в широких пределах. Перманганатная окисляемость является очень хорошей характеристикой питьевых вод, а также вод рек, защищенных от попадания каких-либо промышленных отходов. В чистых родниковых водах окисляемость обычно составляет от 1,0 до 2,0 мг  $O_2/дм^3$ . Окисляемость речной воды колеблется в широких пределах от 1,0 до 60 мг  $O_2/дм^3$ . Высокие значения ее характерны для рек, бассейны которых расположены в болотистых местностях. Резкое повышение окисляемости воды свидетельствует о загрязнении водного источника и требует применения соответствующих мероприятий при его использовании. Внезапное повышение окисляемости питьевой воды всегда является следствием загрязнения ее бытовыми или промышленными стоками

При загрязнении природных вод промышленными стоками перманганатная окисляемость не отражает полного содержания загрязнений в воде, что связано с недостаточной окислительной активностью перманганата по отношению к трудноокисляемым органическим веществам, входящим в состав промышленных вод. В этом случае определяют величину дихроматной окисляемости, используя в качестве окислителя дихромат калия в кислой среде. Дихромат калия в условиях анализа окисляет практически все присутствующие в воде органические вещества, в том числе и трудноокисляемые. Поэтому дихроматную окисляемость называют еще химическим потреблением кислорода (ХПК), и рассматривают как важнейший наиболее полный показатель содержания органического вещества в воде [21].

В программах мониторинга вод ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению

сильным химическим окислителем. Единицей измерения ХПК так же, как и при определении перманганатной окисляемости, является  $\text{мг O}_2 / \text{дм}^3$ . Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК ( $\text{мг O}_2 / \text{дм}^3$ ) умножается на 0,375 [22].

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах хозяйственно-питьевого водоснабжения величина ХПК не должна превышать  $15 \text{ мг O}_2 / \text{дм}^3$ , в зонах рекреации допускается величина ХПК до  $30 \text{ мг O}_2 / \text{дм}^3$ . Перманганатная окисляемость питьевой воды не должна превышать  $5 \text{ мг O}_2 / \text{дм}^3$ .

Величину ХПК рассматривают как меру загрязненности воды органическими веществами. Соотнесение степени чистоты (загрязненности) водоемов и величины ХПК приведено в таблице 1.

Таблица 1

## Значение ХПК для водоемов различной степени загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	ХПК, $\text{мг O} / \text{дм}^3$
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5–15
Очень грязные	>15

Уровень загрязнения воды органическими соединениями может быть установлен по количеству кислорода, необходимого для их окисления ферментативной деятельностью бактерий в аэробных условиях. Это количество выражается величиной биохимического потребления кислорода (БПК).

Биохимическое окисление разных групп органических веществ происходит с различной скоростью. В лабораторных условиях устанавливают как абсолютное биохимическое потребление кислорода – БПК<sub>п</sub>, так и наиболее часто применяемое значение – биохимическое потребление

кислорода за 5 суток ( $BPK_5$ ). Полным биохимическим потреблением кислорода считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. При этом для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют  $BPK$  за 20 суток ( $BPK_{20}$ ): считается, что эта величина близка к  $BPK_p$ . Определение  $BPK_5$  в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически легкоокисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве обязательного интегрального показателя загрязненности воды при расчете индекса загрязнения воды (ИЗВ). Соотнесение степени чистоты (загрязненности) водоемов и величины приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значение  $BPK$  для водоемов различной степени загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	$BPK$ , мг $O_2/дм^3$
Очень чистые	0,5 – 1,0
Чистые	1,1 – 1,9
Умеренно загрязненные	2,0 – 2,9
Загрязненные	3,0 – 3,9
Грязные	4,0–10,0
Очень грязные	>10

В поверхностных водоемах  $BPK_5$  изменяется обычно в пределах 0,5- 4 мг  $O_2 /дм^3$  и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Весьма значительны изменения величин  $BPK_5$  в зависимости от степени загрязненности водоемов. Для хозяйственно-питьевых вод при 20°C  $BPK_p$  не должно превышать 3 мг  $O_2 /дм^3$ , для культурно-бытовых – 6 мг  $O_2 /дм^3$ ; для рыбохозяйственных водоемов – 3 мг  $O_2 /дм^3$ .

Количество кислорода, растворенного в воде, имеет большое значение для оценки состояния водоема. На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию

кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

- процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
- поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта, ее скорость повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации.

Фотосинтетическое выделение кислорода прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном происходит тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше питательных веществ в воде

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции окисления органических веществ – дыхание организмов, биохимическое окисление и химическое окисление (окисление  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) [2].

Содержание растворенного кислорода подвержено сезонным и суточным колебаниям. Его снижение указывает на резкое изменение биологических процессов в водоемах, а также на загрязнение водоемов.

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает огромное влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около  $5 \text{ мг/дм}^3$ , понижение до  $2 \text{ мг/дм}^3$  вызывает массовую гибель (замор) рыбы [24, 27].

Концентрация растворенного кислорода в воде водоемов питьевого и культурно-бытового пользования в пробе, отобранной до 12 часов дня, должна быть не менее 4 мг/дм<sup>3</sup> в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения – не должна быть ниже 4 мг/дм<sup>3</sup> в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/дм<sup>3</sup> - в летний. В таблице 3 приведены значения содержания растворенного кислорода для вод различной степени чистоты - загрязненности в зимний и летний период.

Таблица 3

Значение содержания растворенного кислорода для водоемов различной степени загрязненности

Уровень загрязненности воды	Класс качества	Растворенный кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		% насыщения
		лето	Зима	
очень чистые	I	9	14-13	95
чистые	II	8	12 – 11	80
умеренно загрязненные	III	7-6	10 – 6	70
загрязненные	IV	5-4	5 – 4	60
грязные	V	3-2	3 – 1	30
очень грязные	VI	0	0	0

### 1.3. Методы очистки сточных вод

Методы очистки воды можно разделить на механические, физико-химические и химические. В процессе очистки образуются осадки, которые подвергаются обезвреживанию, обеззараживанию, обезвоживанию, осушке [15]. В соответствии с «Водным кодексом» [6], воду перед сбросом в водоем подвергают обеззараживанию с целью уничтожения патогенных бактерий.

Сооружения механической очистки воды нужны для задержания нерастворенных смесей. К ним относятся: решетки, фильтры для различных конструкций, песколовки, отстойники.

Решетки и сита задерживают крупные загрязнения различного происхождения. Песколовки служат для выделения примесей минерального

состава, главным образом песка. Отстойники тормозят оседающий и плавающий мусор сточных вод. Для предварительной стадии очистки используют аппараты механической очистки, они являются предварительной стадией перед биоочисткой. При такой очистке сточных вод удается задерживать до 60 % нерастворенных загрязнений [18, 23].

Сточные воды, содержащие всплывающие примеси, такие как нефть и нефтепродукты, смолы, различные масла, жиры проходят очистку отстаиванием в нефтеловушках или жироловителях.

Для удаления из сточных вод трудно растворимых, а также тяжело поддающихся отстаиванию твердых или жидких примесей используют метод фильтрования. Процесс фильтрования – это разделение жидкости через пористые перегородки, которые задерживают диспергированные вещества. В качестве пористых перегородок применяют перегородки из тканевых материалов, пористые пластмассы, металлические листы и сетки, различные зернистые материалы, например, кварцевый песок, гравий. По окончании фильтрации промывку (регенерацию) пористой перегородки проводят всегда очищенной водой, подавая ее в направлении, противоположном движению стоков в процессе очистки. В результате механической очистки сточные воды должны быть очищены до состояния, когда их можно будет сбрасывать в грунт.

Физико-химические методы очистки бытовых сточных вод с учетом технико-финансовых показателей используют редко. Но они широко используются для очистки производственных сточных вод. К таким методам очистки производственных сточных вод относятся реагентная очистка, сорбция, флотация, коагуляция флокуляция, эвапорация, ионный обмен, озонирование.

Флотацию используют для удаления частиц, которые плохо отстаиваются, а также для удаления растворенных веществ, в том числе ПАВ, отходов от нефтепереработки, производства различного волокна и целлюлозно-бумажного производства.

Адсорбция используется для глубокой очистки сточных вод в системах замкнутого водопотребления и доочистки сточных вод от биологически не разлагаемых веществ.

Ионообменные способы очищения используют с целью извлечения из сточных вод металлов, соединений фосфора, мышьяка, цианистых соединений, радиоактивных элементов. Ионный обмен обширно используют в процессах обессоливания и подготовки воды для энергетической отрасли [3].

Экстракцию используют при относительно высокой концентрации вредных веществ (оксибензолов, масел, органических кислот и их солей, ионов металлов), но данный метод эффективен только при высоких концентрациях загрязнителей (не ниже 3–4 г/л). При меньших концентрациях экономически выгоднее применять адсорбционные методы. Процесс экстракции состоит из трех стадий: интенсивного смешивания сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), разделении чистой воды и загрязнений, регенерации загрязнений. Этот метод применяют тогда, когда стоимость удаляемых веществ (например, ценных металлов) компенсирует затраты на проведение процесса, а применяемый растворитель может быть легко регенерирован.

Десорбция, дезодорация и дегазация – это процессы очистки сточных вод от летучих примесей (сероводорода, аммиака, диоксида углерода, летучих органических соединений), осуществляемые продувкой воды воздухом или инертным газом. Дезодорация очищает воду от меркаптанов, аминов, альдегидов; с помощью дегазации из воды удаляют вещества, вызывающие коррозию [38].

Обратный осмос – односторонняя диффузия растворителя через полупроницаемую мембрану, отделяющую раствор от чистого растворителя или раствора меньшей концентрации, при этом мембраны пропускают молекулы растворителя и задерживают растворенные вещества. При обратном осмосе задерживаются частицы, размеры которых не превышают размеры молекул растворителя (0,0001 – 0,001 мкм), при ультрафильтрации



размеры задерживаемых частиц равны 0,001 – 0,02 мкм. Необходимое давление для проведения процесса обратного осмоса составляет 6 – 10 МПа, процесса ультрафильтрации - 0,1 – 0,5 МПа. Так как данный метод проходит на молекулярном уровне, то требует значительных затрат, но обеспечивает глубокую очистку от высокотоксичных веществ.

Электрохимические методы включают в себя анодное окисление и катодное восстановление, электрокоагуляцию, электрофлотации и электродиализ. Перечисленные процессы протекают на электродах при пропускании через воду постоянного электрического тока. Электрохимическими методами проводят доочистку сточных вод, извлекают цианиды, роданиды, амины, спирты, сульфиды, меркаптаны, а также тяжелые металлы без использования химических реагентов. Недостатком метода является высокая энергоемкость.

Биологические методы очистки сточных вод основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, которые минерализуют растворенные органические соединения, являющиеся для микроорганизмов источниками питания. Сооружения биологической очистки условно могут быть разделены на два вида. К первому виду относятся сооружения, в которых процесс биологической очистки протекает в условиях, близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды). В сооружениях второго вида аналогичная очистка осуществляется в искусственно созданных условиях — в аэротенках и биофильтрах. Глубокая очистка сточных вод может потребоваться, если в сточной воде после полной биологической очистки перед сбросом в водоем необходимо снизить концентрацию взвешенных веществ, величину показателей БПК, ХПК и др. При глубокой очистке сточных вод, главным образом от взвешенных веществ, используются фильтры различных конструкций [28, 44].

Для глубокой очистки от растворенных органических веществ применяют сорбционные, биосорбционные, озонаторные и прочие установки. Глубокая очистка сточных вод от соединений азота и фосфора может осуществляться физико-химическими и биологическими методами.

Обеззараживание сточных вод считается завершающей стадией их обработки перед сбросом в водоем. Задача дезинфекции — ликвидация патогенных бактерий, содержащихся в сточной воде. Максимальное распространение приобрел способ дезинфекции посредством внедрения в воду газообразного хлора. Допустима дезинфекция сточных вод озоном, применяются антибактериальные ультрафиолетовые лампы. Обработка осадков сточных вод, возникающих в ходе очищения, заключается в уменьшении их влаги и сокращении объема; в ходе обработки осадки обеззараживаются. Загрязнения, задерживаемые решетками, вывозят с территорий станций очищения или дробятся и обрабатываются совместно с осадками из отстойников [11].

Химические методы очистки сточных вод используют для удаления растворенных загрязняющих веществ. К химическим методам очистки стоков относятся нейтрализация, окисление и восстановление. Эти методы связаны с расходом различных реагентов и поэтому дороги [25].

Окисление сточных вод проводят хлором, диоксидом хлора, перекисью водорода, кислородом воздуха, диоксидом марганца, перманганатом калия, озоном и др. Наиболее распространенным окислителем при очистке сточных вод является хлор. В установке для очистки воды хлорированием одновременно с химической очисткой хлор дезинфицирует сточную воду.

Для очистки сточной воды от нефтепродуктов, фенолов, поверхностно-активных веществ, ароматических углеводородов, цианидов и других веществ перспективным считается применение озона. Озонирование сточных вод позволяет одновременно устранить привкусы и запахи, обеззаразить и обесцветить воду. Чистый озон взрывоопасен и чрезвычайно токсичен, поэтому озон подают в сточную воду в виде озono-воздушной смеси. Для очистки отходящих газов от остатков озона используют адсорбцию, катализ или термические методы деструкции [29].

Восстановление применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка, для чего в воду вводят сульфит железа, гидросульфит натрия, гидразин, сероводород или алюминиевую пудру.

### **Выводы по первой главе**

Органические вещества поступают в природную воду из различных источников природного и производственного происхождения. Органические вещества в воде находятся преимущественно в виде взвешенных частиц, и их содержание находится в зависимости от характера поступления. Чаще всего источниками поступления органических веществ в воде являются сбросы промышленных предприятий, а так же объектов хозяйственно-общественного пользования. В сточных водах преобладают такие органические вещества как фенолы, нефтепродукты, спирты, масла.

Для очистки воды от органических соединений могут быть использованы механические, физико-химические, биологические и химические способы очистки воды, при этом выбор методов и их сочетание определяются составом органических веществ, их содержанием в воде и назначением очистки.

Интегральными гидрохимическими показателями, позволяющими определить содержание органических веществ в воде являются дихроматная и перманганатная окисляемость и биохимическое потребление кислорода. Величина перманганатной окисляемости демонстрирует наличие в воде легкоокисляемых органических веществ, в то время как значение дихроматной окисляемости отражает более полную картину загрязнения, включая содержание труднорастворимых органических веществ.

## ГЛАВА 2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

### 2.1. Коагуляция и флокуляция

Коагуляция – это процесс склеивания частиц коллоидной системы при столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемешивания во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются крупные частицы, состоящие из скопления мелких (первичных) частиц. Первичные частицы в таких агрегатах соединены силами межмолекулярного взаимодействия непосредственно или через прослойку дисперсной среды. Коагуляция сопровождается укрупнением частиц и снижением их общего числа в объеме дисперсной среды. Склеивание однородных частиц называется гомокоагуляцией, а разнородных гетерокоагуляцией [4, 32].

Реагенты, используемые в технологическом процессе коагуляционной очистки воды, делит на коагулянты и флокулянты. Коагулянты – средства, способствующие слипанию частиц. Флокулянты – вещества, способствующие образованию рыхлых агрегатов, за счет чего происходит ускорение коагуляции [

Способы коагуляции и флокуляции широко распространены для очистки сточных вод предприятий химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, легкой, текстильной и иных сфер промышленности. Кроме того, коагуляция является основным способом очистки водопроводной воды от органических соединений.

Результативность коагуляционной очистки находится в зависимости от множества условий:

- типа коллоидных частиц;
- концентрации и степени дисперсности коллоидных частиц;
- наличия в сточных водах электролитов и иных включений;

- величины электрокинетического потенциала [14].

В сточных водах содержатся твердые (глина, волокна, цемент, кристаллы солей) и жидкие (нефть и нефтепродукты, смолы) загрязнения. Коллоидные частички, представляющие собой совокупность большого количества молекул вещества, содержащегося в сточной воде в диспергированном состоянии, при перемешивании прочно удерживают покрывающий их слой воды. Владея большой удельной площадью поверхности, коллоидные частицы адсорбируют оказавшиеся в воде ионы преимущественно одного знака, которые значительно понижают свободную поверхностную энергию коллоидной частицы [33]. Ионы, прилегающие к ядру, образуют слой поверхностно-ядерных ионов – адсорбционный слой. В нем может присутствовать небольшое число противоположно заряженных ионов, суммарный заряд которых не может компенсировать заряд поверхностно-ядерных ионов [35]. В связи с тем, что на границе адсорбционного слоя формируется электрический заряд, вокруг гранулы появляется диффузионный слой, в котором присутствуют другие противоположно заряженные ионы, компенсирующие заряд гранул. Гранула совместно с диффузионным слоем называется мицеллой (рис. 1).

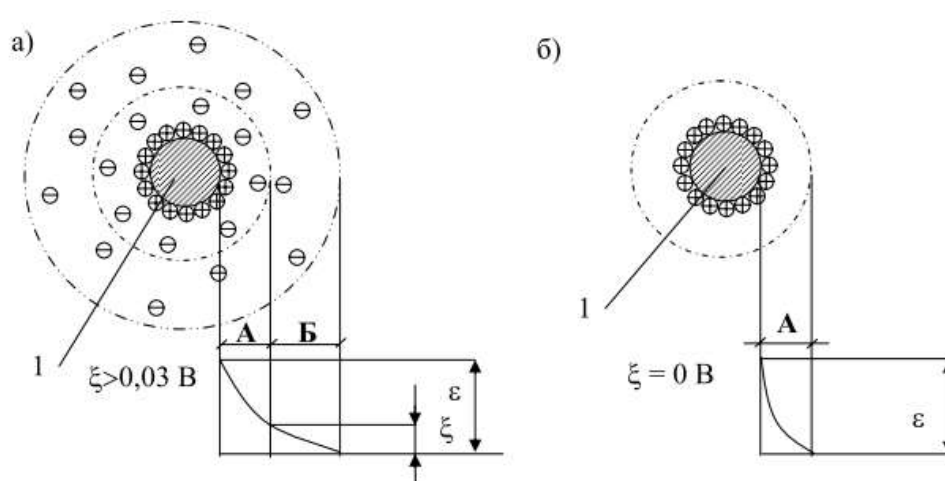


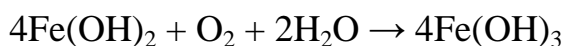
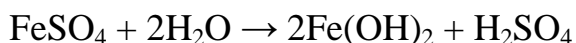
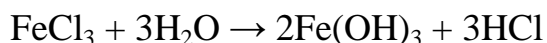
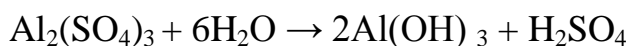
Рис. 1 Строение мицеллы

а – адсорбционный слой; б – диффузионный слой; 1 – ядро [38].

В качестве коагулянтов применяют бентонит, электролиты, растворимые в воде соли алюминия или гидроксиалюминия, например, сульфат или хлорид, соли железа (III) или их смеси, которые гидролизуются, образуют хлопьевидные гидраты окислов металлов.

Выбор коагулянта определяется его физико-химическими свойствами, ценой, концентрацией примесей в воде, значения ее pH и солевого состава воды. Соли железа как коагулянты имеют ряд превосходств перед солями алюминия: они действуют при невысоких температурах воды, характеризуются более широким диапазоном pH среды, при которых протекает коагуляция, возможностью использования для вод с более широким диапазоном солевого состава. Эти коагулянты могут ликвидировать запахи и привкусы, обусловленные пребыванием сероводорода. Недостатки железных коагулянтов – образование при реакции катионов железа с некоторыми органическими соединениями окрашенных и растворимых комплексных соединений; проявление солями при гидролизе достаточно сильных кислотных свойств, усиливающих коррозию аппаратуры; наименее развитая плоскость хлопьев [9].

При применении в качестве коагулянтов солей алюминия и железа при гидролизе образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные мелкодисперсные коллоидные частицы, которые при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок.



Помимо названных коагулянтов с целью обработки сточных вод могут быть использованы прочие реагенты – глины, алюмосодержащие отходы производства, травильные растворы, пасты, смеси, шлаки, содержащие

диоксид кремния. Оптимальную дозу реагента устанавливают на основании пробного коагулирования. Количество коагулянта, необходимое с целью реализации процесса коагуляции, находится в зависимости от типа коагулянта, расхода, состава, требуемой степени очистки сточных вод и определяется опытным путем.

.Доза коагулянтов при обработке природных вод находится в зависимости от цветности или мутности исходной воды и составляет 25 - 80 мг/л. При очистке сточных вод, тип реагента и его дозу следует принимать на основании пробного коагулирования, по сведениям научно-исследовательских организаций или же по данным СНиП 2.04.03-85 «Канализация» [31] для всевозможных отраслей промышленности, в зависимости от вида и концентрации загрязняющих веществ. Обычная доза для солей алюминия и железа составляет 30-700 г/м<sup>3</sup>, для извести – 1000 - 2500 г/м<sup>3</sup>.

Недостатки метода коагуляционной очистки сточных вод – это значительный размер коагулянтов, большой объем образующегося осадка, сложность его обработки и складирования, увеличение степени минерализации обрабатываемой сточной воды. Все это не позволяет использовать метод коагуляции как индивидуальный, а требует его применения только в комплексе методов, обеспечивающем эффективную очистку вод [14].

Коагуляционный метод очистки сточных вод используется в основном при малых затратах воды и при наличии недорогих коагулянтов. Расширению подходящих областей коагуляции (по рН и температуре) содействуют флокулянты, повышающие плотность и прочность образующихся хлопьев, снижающие расход коагулянтов, повышающие надежность работы и пропускную дееспособность очистных сооружений.

Флокуляция – это процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при конкретном контакте частиц, но и в процессе

взаимодействия молекул адсорбированного на частицах флокулянта. Флокуляцию проводят для интенсификации процесса образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа с целью увеличения скорости их осаждения. Внедрение флокулянтов позволяет понизить дозы коагулянтов, уменьшить длительность процесса коагуляции и увеличить скорость осаждения образующихся хлопьев [9].

Флокулянты по природе делят на неорганические (активная кремниевая кислота) и органические. Органические флокулянты в зависимости от начального сырья, делятся на природные и синтетические (таблица 4), а в зависимости от присутствия и знака заряда в макромолекуле полимера – на неионные, ионные отрицательно заряженные (анионные) и ионные положительно заряженные (катионные).

Таблица 4

#### Виды полимерных флокулянтов

Природные			Синтетические		
Неионные	Ионные		Неионные	Ионные	
	Анионные	Катионные		Анионные	Катионные
Крахмал, гуаровые смолы	Карбокси-метилцеллюлоза, альгинат натрия	Хитозан	Акрилаты, метакрилаты	Полиамины (полигуанидины)	Полимерные четвертичные аммонийные соли

Природные флокулянты не нашли широкого применения для очистки сточных вод из-за ограниченности сырьевой базы и низкомолекулярной массы. Синтетические водорастворимые полимеры, считаются наиболее распространенными реагентами, используемых в процессах очистки воды. Это объясняется химическим составом, высокой молекулярной массой, пространственной структурой, которые достигаются изменением исходных свойств мономеров и условий их синтеза [14].

Механизм действия флокулянтов реализован через ряд процессов, среди которых ведущими являются:

- адсорбция молекул флокулянта на плоскости коллоидных частиц;



- образование сетчатой структуры молекул флокулянта;
- слипание коллоидных частиц за счет сил Ван-дер-Ваальса.

Полиакриламид, выпускаемый в виде 7-9% геля – один из самых распространенных флокулянтов, формирует в воде длинные цепочки вытянутой или изогнутой формы. По причине подобной формы его молекулы адсорбция происходит в разных местах с несколькими частицами гидроксида, в результате чего последние связываются полимерными мостиками в тяжелые, крупные и прочные отлично осаждающиеся агрегаты [36].

Флокулянты обычно применяют в дополнение к основному коагулянту, реже самостоятельно. Доза анионных флокулянтов в дополнение к коагулянтам при очистке промышленных сточных вод составляет 0,5-3 г/м<sup>3</sup>, доза катионных флокулянтов при тех же условиях выше и составляет 2,5-20г/м<sup>3</sup>. Средние дозы флокулянтов составляют 0,5-1 г/м<sup>3</sup>. Скорость и эффективность процесса флокуляции зависят от состава сточных вод, их температуры, интенсивности перемешивания и последовательности введения коагулянтов и флокулянтов [8].

## 2.2 Адсорбционная очистка

Для очистки поверхностных вод от ароматических соединений, пестицидов, ПАВ, гербицидов применяют метод адсорбции. Преимущество этого метода заключается в том, что он имеет высокую продуктивность, позволяет возвращать часть органических веществ, для повторного использования в техногенном процессе (рекуперация).

Адсорбция растворенных веществ – результат перехода молекулы растворенного вещества из раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности. В данном методе можно отметить два вида межмолекулярного взаимодействия: молекул растворенного вещества с молекулами поверхности сорбента, а так же с молекулами воды в растворе

(гидратация). Удерживание веществ на поверхности сорбента определяется разностью межмолекулярного взаимодействия и гидратации [19].

В качестве сорбентов используют разные искусственные и пористые природные материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные гели. Самыми результативными и наиболее функциональными сорбентами являются активированные угли различных марок [37]. Активированные угли, специализированные для очистки воды должны обладать определенными свойствами:

- быть крупнопористыми, чтобы они могли быть эффективными;
- крупные и сложные по своему строению органические молекулы;
- отличаться небольшой удерживающей способностью при восстановлении;
- не подвергаться разрушению;
- не проявлять свойств катализатора по отношению к реакциям, которые протекают в данной среде;
- легко пропитываются водой;
- дешевизна.

Активные угли должны слабо взаимодействовать с молекулами воды и хорошо с органическими веществами, быть относительно крупнопористыми (с эффективным радиусом адсорбционных пор в пределах 0,8-5,0 нм), чтобы их поверхность была доступна для больших и сложных органических молекул. При не длительном контакте с водой активные угли имеют высокие значения адсорбционной емкости, селективности, но малой удерживающей способностью при восстановлении. При выполнении всех условий затраты на реагенты для регенерации угля должны быть незначительными. Угли должны быть прочными, легко быстро пропитываться водой, иметь определенный гранулометрический состав. В процессе очистки используют мелкозернистые адсорбенты с частичками от 0,25 до 0,5 мм и высокодисперсные угли с частицами размером менее 40 мкм [34].

Важно, чтобы угли обладали малой каталитической активностью по отношению к реакциям окисления и конденсации, так как некоторые органические вещества, находящиеся в сточных водах, способны окисляться и осмоляться. Эти процессы ускоряются катализаторами. Осмолившиеся вещества забивают поры адсорбента, что затрудняет его низкотемпературную регенерацию. Они должны иметь низкую стоимость, не уменьшать адсорбционную емкость после регенерации и обеспечивать большое число циклов работы [39].

Схема сорбционной очистки подбирается в соответствии с местом нахождения адсорбентов в общей установке очистных сооружений, размером сорбента и составом сточных вод. Самым простым является насыпной фильтр, представляющий колонну с насыпным слоем сорбента, через который фильтруется сточная вода. Скорость фильтрования зависит от концентрации растворенных в сточных водах веществ и составляет 1 - 6 м/ч, крупность зерен сорбента – 1,5 – 5 мм. Наиболее рациональное направление фильтрования жидкости снизу вверх, так как в этом случае происходит равномерное заполнение всего сечения колонны, и относительно легко вытесняются пузырьки воздуха и газов, попадающих в слой сорбента вместе со сточной водой [30].

### **2.3 Ионообменная очистка**

Для очистки поверхностных и сточных вод от ионов цветных и тяжелых металлов используют метод ионного обмена. Этот метод так же хорошо применяют для умягчения воды, для уменьшения общего количества содержания соли в воде, ликвидации фенолов, кислот, ароматических аминов (органические загрязнители), а так же и радиоактивных веществ, мышьяка и др. (неорганические загрязнители). Благодаря этому методу можно извлекать и перерабатывать ценные вещества, очищать сточную воду до предельно допустимой концентрации с дальнейшим ее использованием в

производственных процессах или в системах оборотного водоснабжения. Ионный обмен широко распространен при обессоливании в процессе водоподготовки [19].

Ионный обмен представляет процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе. Вещества, составляющие эту твердую фазу, называются ионитами. Они практически не растворимы в воде. Те из них, которые способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, являются катионитами, поглощать отрицательные ионы – анионитами. Катиониты обладают кислотными свойствами, а аниониты – основными свойствами. Если иониты обменивают и катионы, и анионы, их называют амфотерными. Все иониты делят на несколько видов.

1. Сильнокислотные катиониты, содержащие сульфогруппы ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) и фосфорные группы [ $-\text{PO}(\text{OH})_2$ ], и сильноосновные анионы, содержащие четвертичные аммониевые основания ( $-\text{R}_3\text{NOH}$ ).

2. Слабокислотные катиониты, содержащие карбоксильные ( $-\text{COOH}$ ) и фенольные группы ( $-\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ ), диссоциирующие при  $\text{pH} > 7$ , а также слабоосновные аниониты, содержащие первичные ( $-\text{NH}_2$ ) и вторичные ( $=\text{NH}$ ) аминогруппы, диссоциирующие при  $\text{pH} > 7$ .

3. Иониты смешанного типа, проявляющие свойства смеси сильных и слабых кислот или оснований. Характерной особенностью ионитов является их обратимость, т. е. возможность проведения реакций в прямом и обратном направлениях, что лежит в основе их регенерации [10].

Катиониты в качестве противоионов могут содержать ионы металлов вместо ионов водорода, т.е. находиться в солевой форме. Аниониты также могут находиться в солевой форме, если в качестве противоионов содержат ионы тех или иных кислот вместо ионов гидроксида. Реакция ионного обмена протекает следующим образом:



Процесс регенерации ионитов включает три этапа: взрыхление ионита, регенерация и отмывка ионита от продуктов восстановления и остатки регенерирующего вещества. Объем промывных вод, обычно составляет 75-100 % объема восстанавливающих растворов. Восстановление катионита осуществляется промывкой его 7 – 10 % растворами сильных кислот ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – Н-форма или насыщенными растворами натриевых солей (Na-форма). Восстановление анионитов со слабым основанием осуществляется 4 – 6 % водными растворами  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или 5–10 % раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Восстановление анионитов с сильным основанием проводят 6–8 % раствором  $\text{NaOH}$ . После регенерации ионитов проводят их отмывку дистиллированной водой. Иониты в контакте с водой не растворяются, однако поглощая определенное количество воды, набухают, увеличивая свой объем в 1,5 - 3 раза. Этот объем оказывает большое влияние на полноту и скорость обмена ионов, а так же на селективность ионита [42].

На кинетику ионного обмена оказывает большое влияние также температура, концентрация ионов. Иониты должны обладать термической и химической стойкостью. При нагревании ионитов в воде идет уменьшение емкости, что влечет за собой отрыв активных групп и разрушение их зерен. Для каждого ионита существует температурный предел, выше которого его невозможно использовать. В общем случае термическая устойчивость анионитов ниже, чем катионитов. Химическая устойчивость находится в зависимости от массы ионита и от полной обменной емкости [3].

В аппаратах циклического действия реализуются процессы ионообменной очистки сточных вод. Этот аппарат состоит из нескольких частей: из фильтра (либо колонны) периодического воздействия, насоса, емкостей и контрольно-измерительных приборов. Фильтр периодического действия представляет собой закрытую цилиндрическую емкость, у которой у дна расположен с щелевой дренажный механизм. Данный механизм обеспечивает равномерное сбрасывание воды по всему сечению фильтра, высота слоя загрузки ионита составляет 1,5 – 2,5 м [43].

Фильтр способен работать согласно одновременно-четкой схеме (присутствие подачи сточной воды и регенерирующего раствора сверху) и согласно противоточной схеме (сточная вода серверуется снизу, а регенерирующий раствор – сверху). На длительность фильтроцикла большое влияние оказывает содержание взвешенных веществ, так как перед подачей воды в ионообменную установку необходимо провести максимальное их удаление. При фильтровании сточной воды через неподвижный слой ионита со скоростью до 10 м/ч расчет фильтра производится на основании материального баланса. Иногда используют ионообменные установки с псевдоожиженным слоем ионита для очистки от взвешенных частиц.

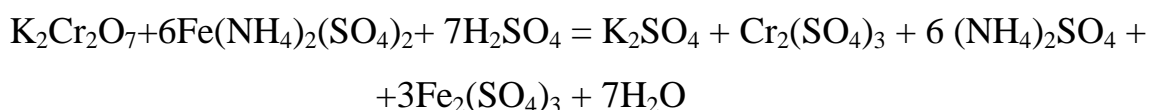
## ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ

### 3.1. Исследование эффективности метода коагуляции для очистки вод, загрязненных органическими соединениями

Для исследования эффективности методов очистки воды от органических загрязнителей был приготовлен модельный раствор гумата натрия. Органический компонент был выбран по причине его распространенности в природной среде: гуминовые кислоты являются одной из основных групп веществ, входящих в состав поверхностного стока с аграрных почв, обогащенных органическим веществом. Для приготовления раствора использовался торговый препарат «Гумат» с содержанием гумата натрия 10%. Исходный раствор разбавлялся в 200 раз. Определение эффективности очистки проводилось по изменению величины дихроматной окисляемости до и после очистки. В основе метода определения величины ХПК лежит окисление органического вещества, растворенного в воде, дихроматом калия в кислой среде в присутствии катализатора нитрата серебра (прил.1):



Количество остаточного дихромата определяется титрованием солью Мора в присутствии индикатора – фенилантраниловой кислоты.



В присутствии дихромата индикатор имеет красную окраску, переходя после титрования в бесцветную форму, а раствор становится зеленым.

При проведении исследования очистки воды от органических соединений коагуляционным методом в качестве коагулянтов использовали водные растворы сульфата алюминия и хлорида железа (III). Для проведения

коагуляции к 50 мл контрольного раствора прибавляли 5 г коагулянта. Процесс коагуляции с использованием солей алюминия проводили при рекомендованных в литературе значениях  $pH = 6$ . Коагуляцию с использованием солей железа проводили при  $pH = 9,5$ .

Результаты определения величины ХПК до и после очистки приведены в таблице 5 и на рисунке 2.

Таблица 5

Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки методом коагуляции

Показатель	Загрязненная вода	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$FeCl_3$
ХПК $O_2$ мгО/л	17	4	2

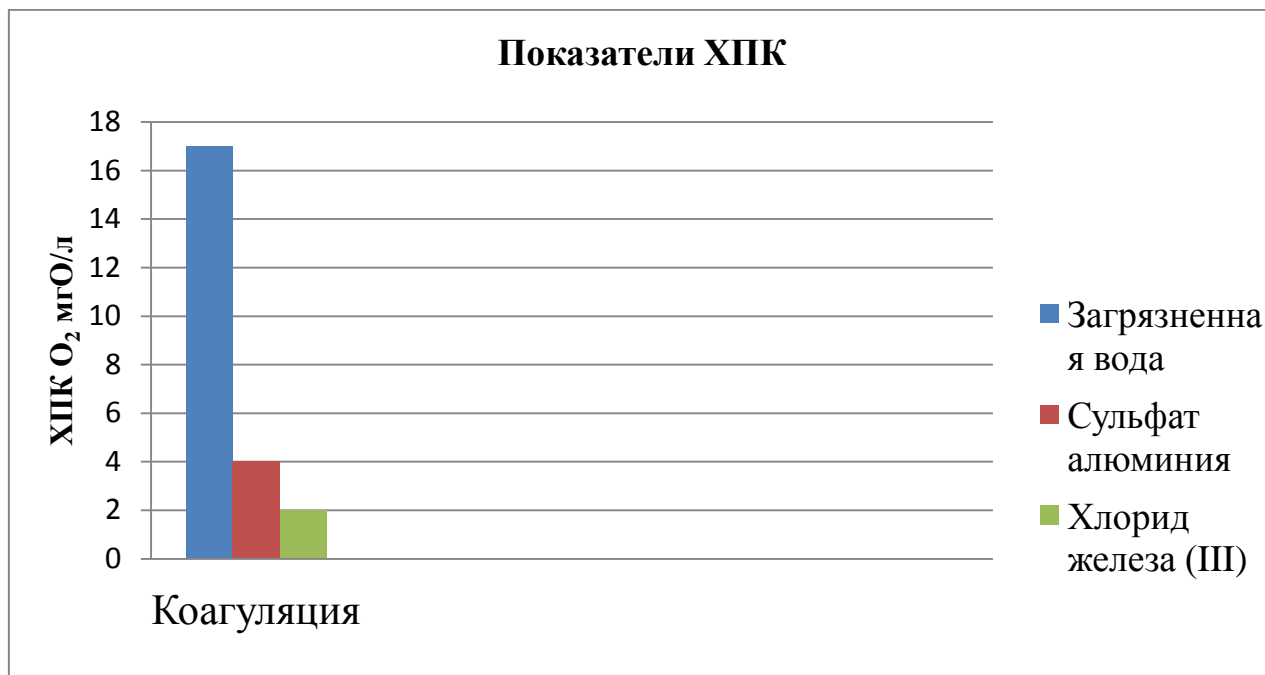


Рис. 2. Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки методом коагуляции

Результаты определения показывают, что при использовании в качестве коагулянта сульфата алюминия произошло снижение величины ХПК в 4,25 раз, в то время как при использовании хлорида железа (III) значение снизилось в 8,5 раз. Таким образом, при использовании одинаковых



масс коагулирующего реагента эффективность очистки хлоридом железа в 2 раза выше, чем при применении сульфата алюминия.

Из литературных данных известно, что наилучшие результаты достигаются не при использовании отдельных коагулянтов, а при их совместном применении в массовых соотношениях  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  :  $\text{FeCl}_3$  от 1:1 до 1:2.

### **3.2. Исследование эффективности адсорбционного метода для очистки вод, загрязненных органическими соединениями**

При проведении исследования очистки воды от органических соединений адсорбционным методом в качестве сорбентов в работе использовали активированный уголь и препарат «Полисорб». Макропористый сорбент типа «Полисорб», представляет собой сополимер стирола с дивинилбензолом (40%), полученный суспензионной полимеризацией с использованием в качестве порообразователя бензина или азеотропных смесей алифатических и ароматических соединений, имеющих температуру кипения не ниже 80°C. Данный сорбент не обладает хорошей плавучестью и механической прочностью и используется для сорбционного извлечения многокомпонентных органических соединений из водных растворов в условиях переработки больших объемов сточных вод. Он не обладает магнитными свойствами и не может использоваться для удаления нефтяных загрязнений с поверхности воды.

Наиболее универсальным сорбентом является активированный уголь, к которому предъявляется ряд требований:

- он должен слабо взаимодействовать с молекулами воды и хорошо с органическими веществами;
- при малом времени контакта с водой он должен иметь высокую адсорбционную емкость, высокую селективность и малую удерживающую способность при регенерации;

- должен быть прочным, быстро смачиваться водой и иметь определенный гранулометрический состав;
- должен обладать малой каталитической активностью по отношению к реакциям окисления, конденсации и др., так как некоторые органические вещества, находящиеся в сточных водах, способны окисляться и осмоляться;
- должен не уменьшать адсорбционную емкость после регенерации и обеспечивать большое число циклов работы.

Всем этим параметрам полностью соответствует кокосовый активированный уголь. Удельная поверхность активированного угля БАУ составляет приблизительно 1000 м<sup>2</sup>/г, а у полисорба-1 – 300м<sup>2</sup>/г. Следует ожидать, что при использовании для абсорбционной очистки аптечного активированного угля, не достигается более эффективная очистка.

Сорбентами в виде суспензии заполнялась хроматографическая колонка, через которую пропускалась контрольная система раствора, загрязненного препаратом «Гумат». Результаты изменения величины ХПК после очистки приведены в таблице 6 и на рисунке 3.

Таблица 6

Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки адсорбционным методом

Показатель	Загрязненная вода	Активированный уголь	Полисорб
ХПК O <sub>2</sub> мг/л	17	3	4

Результаты измерений показывают, что эффективность в качестве сорбентов по отношению к органическому веществу для активированного угля и полисорба приблизительно одинаковы. В первом случае наблюдалось снижение величины ХПК в 5,7 раз, во втором случае – в 4,25 раз. Таким образом, эффективность процесса абсорбционной очистки приблизительно равна эффективности при использовании коагулянта – сульфата алюминия. Активированный уголь выступает в качестве более эффективного сорбента по отношению к препарату «Полисорб».

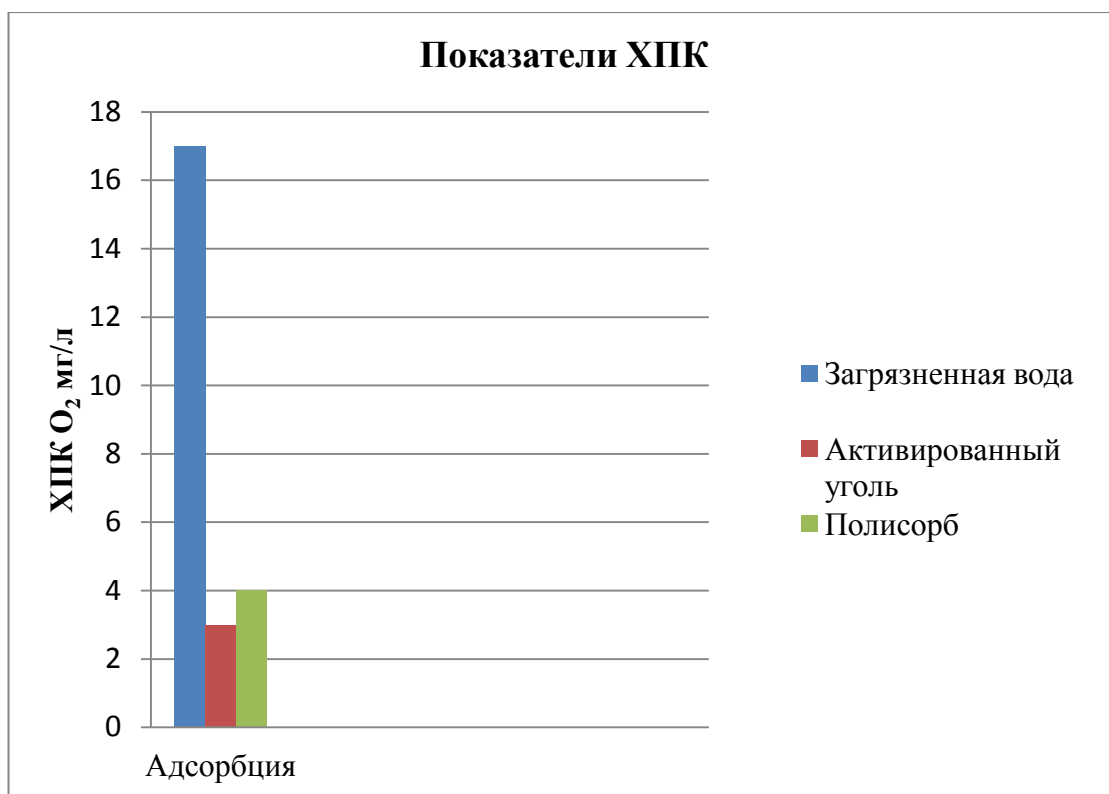


Рис 3. Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки адсорбционным методом

### 3.3. Исследование эффективности ионообменного метода для очистки вод, загрязненных органическими соединениями

При проведении исследования очистки воды от органических соединений методом ионного обмена в качестве ионитов использовали ионообменные смолы: анионит марки АН-2 и катионит марки КУ-2. Перед использованием ионообменные смолы активировались. Для этого анионит в течение 1 часа набухал в дистиллированной воде, которую затем отсасывают из колонки с помощью вакуум-насоса. Набухший анионит переводили в активную форму обработкой 5%-ным раствором NaOH, затем промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод и отсасывают промывные воды до воздушно-сухого состояния ионообменной смолы. Катионит переводили в активную форму обработкой 1н раствором HCl.

Ионообменные смолы помещали в хроматографические колонки, после чего пропускали через них раствор контрольного препарата «Гумат». В

очищенной воде проводили определение величины дихроматной окисляемости воды. При этом следует ожидать, что анионит будет проявлять более высокую поглотительную способность по сравнению с катионитом, так как гуминовые кислоты выступают в качестве анионных соединений в водном растворе

Результаты определений приведены в таблице 7 и на рисунке 4.

Таблица 7

Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки ионообменным методом

Показатель	Загрязненная вода	АН-2	КУ-2
ХПК O <sub>2</sub> мг/л	17	4	5

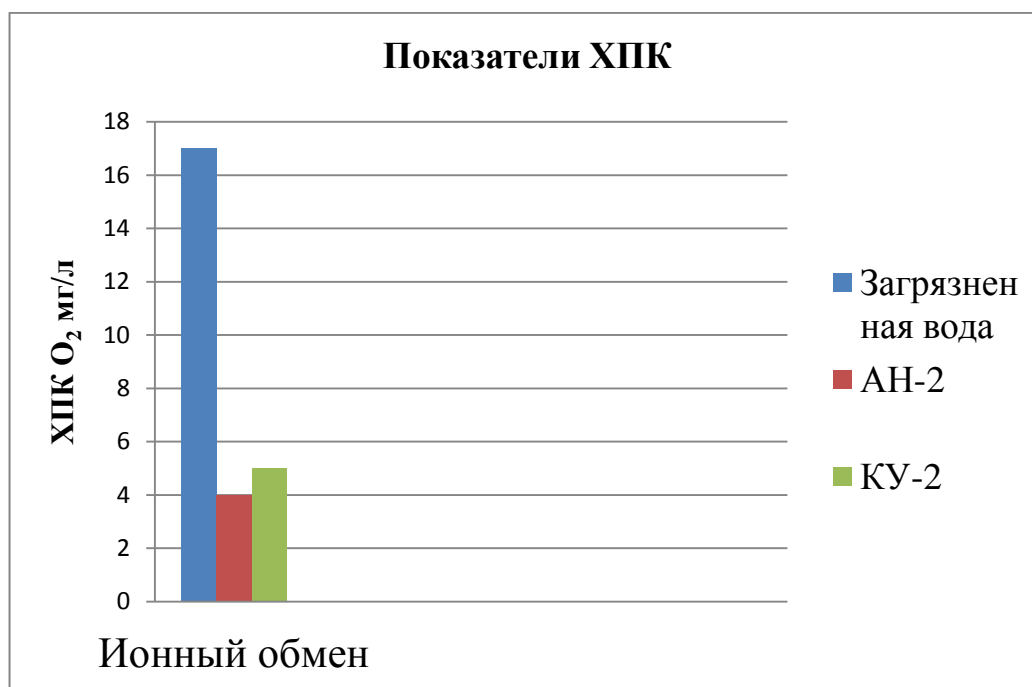


Рис 4. Значения показателя ХПК загрязненной воды и воды после очистки ионообменным методом

Результаты показывают, что эффективность ионообменного метода практически повторяет результаты сорбционного метода, при этом, как и ожидалось, эффективность очистки на анионите оказалась в 1,25 раз выше, чем при применении катионита. В то же время, можно предположить, что в данном случае при очистке основную роль играет не ионообменный эффект,

а эффект сорбции на матрице ионита, которая может выступать в качестве сорбента органического вещества. Этим и объясняется близость результатов ионообменного и сорбционного методов.

### **Выводы по третьей главе**

При проведении исследований эффективности различных методов очистки вод от органического вещества наибольшую активность проявляет метод коагуляции с использованием в качестве коагулянта хлорида железа (III). Эффективность использования в качестве коагулянта сульфата алюминия сравнима по своей эффективности с применением сорбционного и ионообменного методов. Вероятно, при использовании ионообменного метода больший эффект оказывает не ионный обмен со смолой, а сорбционные процессы на поверхности смолы.

## **ГЛАВА 4 МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТА**

### **4.1 Технология проектной деятельности учащихся**

В рамках ФГОС общего образования одним из наиболее продуктивных методов в формировании универсальных учебных действий учащихся, таких как умение самостоятельно добывать знания, применение полученных знаний в практической деятельности, является метод проектной деятельности.

Метод проектов – это образовательная технология, которая нацелена на приобретение новых знаний в тесной связи с практикой, формирование у обучающихся умений и навыков посредством проблемно-ориентированного учебного процесса. Метод проектов был разработан для того, чтобы найти различные приемы и пути активного самостоятельного развития мышления у ребенка с задачей не просто обучить его запоминать и отображать знания, получаемые им в школе, но и уметь применять их на практике [40]. Применение метода проектной деятельности позволяет решить ряд педагогических задач:

- применение обучающимися базовых знаний, умений и навыков с целью поиска способа решения проблемных ситуаций;
- стимулирование познавательного интереса ученика, мотивация к процессу образования и самообразования;
- формирование межпредметных связей, за счет рассмотрения сложных объектов с позиции одновременно нескольких наук;
- вовлечение обучающихся в социально-значимую деятельность, которая обеспечивает формирование профессиональных и личностных качеств.

Результатом проектной деятельности выступает проект. Многообразие способов выполнения, содержания и организации проектной деятельности привели к появлению различных классификаций проектов, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8

## Классификация учебных проектов по виду деятельности

Проект	Вид деятельности
Исследовательские проекты	Предполагают доказательство или опровержения какой-либо гипотезы, проведение экспериментов, научное описание изучаемых явлений.
Практико-ориентированные проекты	Направлены на решение практических задач, результат выполнения проекта – конкретный полезный предмет, учебное пособие
Информационные проекты	Направлены на сбор информации о каком-либо предмете или явлении
Творческие проекты	Результатом становится создание литературных произведений, произведения изобразительного или декоративно-прикладного искусства, видеофильмов
Игровые проекты	Предполагают подготовку какого-либо мероприятия (игры, состязания, викторины, экскурсии и и.д.)

Метод проектов основан на постановке определенной цели и ее практическом достижении через решение поставленных задач. Применение проектной деятельности в школе связано с внедрением нового федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования. Применение этого метода позволяет организовать и направить деятельность школьников на решение конкретной учебной или воспитательной проблемы. Его использование позволяет учащимся заниматься интересующими их проблемами, а также актуализировать умения и навыки, приобрести новые в процессе выполнения проекта. Метод проектов индивидуализирует обучение учащегося и позволяет работать в собственном ритме [41].

Проектная деятельность дает ученикам развивать мыслительную деятельность, получать знания и использовать их, уметь анализировать

информацию, развивать творческие возможности, а так же осознавать и исправлять свои ошибки.

#### **4.2 Роль педагога в организации проектной деятельности учащихся**

Действия педагога при сопровождении проекта можно обозначить так:

- помогает ученику сформулировать цель деятельности;
- организует доступ к литературным источникам
- координирует на разных этапах работы, помогает выяснить пути решения проблем
- создает благоприятные условия для проявления активности и самостоятельности учащихся;
- координирует и направляет процесс проектной деятельности;
- дает анализ результатов к полученному продукту

Данные действия педагога позволяют обозначить его двойственную позицию: участника (рекомендует, консультирует, помогает) и организатора (организует, управляет).

Педагог, реализующий проектное обучение, должен обладать рядом качеств и набором специфических умений:

- умение ставить перед учащимися учебно-исследовательские задачи в понятной для детей форме;
- уметь заинтересовать учащихся лично ценностной образовательной задачей;
- способность к выполнению функции координатора и партнера в исследовательском поиске;
- умение быть терпеливым к ошибкам учеников и предлагать свою помощь, только в тех случаях, когда учащиеся начинают чувствовать бесполезность своего поиска.

Создавая подобные функции, педагог меняет подход к своим талантам, своей деятельности. У него формируются такие компетенции, как



методологическая, фундаментальная, коммуникативная, познавательная, методическая, научно-технологическая. В ходе процесса проектной деятельности перестраиваются и сами обучающиеся. Они получают знания, которые не приобретаются при классических методах обучения, потому что сами выбирают и выражают инициативу в том, что изучают и исследуют.

Ключевой итог в проектной деятельности для педагога – развитие и воспитание личности ребенка, владеющей проектной технологией на уровне компетентности. Роль учителя меняется в процессе проектно-исследовательского обучения. Педагог становится организатором познавательной деятельности, направляя ее приоритет поисково-творческого характера. Он переходит к управленческому типу деятельности, что предполагает постоянное фиксирование норм, их совершенствование и воссоздание деятельности на основе результатов анализа и самоанализа. Все это дает преимущества педагогу не только овладеть этапами проектирования своей деятельности, реализуя ее на рефлексивной основе, уметь решать каждую педагогическую проблему как индивидуальную, но и усовершенствовать свои личностно-профессиональные знания.

Работа над учебным проектом или исследованием дает возможность построить бесконфликтную педагогику, совместно с детьми вновь и вновь испытать вдохновение научного творчества, превратить образовательный процесс из скучной принудиловки в результативную созидательную работу.

### **4.3 Сопровождение проектной деятельности учащегося по химии**

При прохождении педагогической практике в МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска» было осуществлено сопровождение проектной деятельности учащегося 10 Г класса Епифанова Арсения по теме: «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей».

Осуществление проектной деятельности включает в себя 3 основных этапа работы: начальный, технологический и заключительный.

Цель начального этапа: выявить индивидуальные интересы, знания и умения ученика, планирование дальнейшей деятельности (прил.2, таблица 10). В связи с этим, на начальном этапе осуществляются следующие виды деятельности.

1. Выбор тематики проектной деятельности: «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей». Тематика работы была предложена учеником после прочтения статьи о проблеме загрязнения водной среды и пути их решения.

2. Постановка цели и задач работы. На основе заинтересовавшей ученицу тематики было решено провести исследование, демонстрирующее различные способы очистки воды от загрязнений. Для достижения цели были поставлены ряд задач: анализ литературных источников по основным методам очистки воды от органических веществ и параметра определяющего качество воды, а также проведение эксперимента, демонстрирующего изменение этого параметра после очистки воды различными способами.

3. Определение актуальности исследования. Актуальность выбранной тематики обусловлено проблемой качества питьевой воды, т.е. гигиеной водоснабжения.

4. Практическая значимость. Значимость данной работы обусловлена тем, что органические вещества попадают в окружающую среду и наносят ей большой вред, как самой среде, так и ее обитателям.

5. Планирование технологического этапа (подбор методик для проведения эксперимента). Необходимо провести эксперимент, который демонстрирует очистку воды, изменение содержания химического показателя воды. С помощью литературных источников и ресурсов сети Интернет совместно с ученицей были подобраны методики очистки воды от органических загрязнителей.

6. Ознакомление со структурой исследовательской работы (титульный лист, оглавление, введение, литературный обзор, практическая часть, заключение, список литературы).

## 7. Составление индивидуального плана работы (таблица 9).

Таблица 9

## Планирование индивидуальной работы по осуществлению проектной деятельности с учеником 10 класса

Сроки	Развитие общеучебных умений	Специальные знания и умения	Информационная компетентность	Формы работы
1 неделя	Реферативные формы работы выбор темы проекта	Выбор тематики проекта: «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей».	Базы данных	Индивидуальные консультации
	Формулирование научной гипотезы	Выдвижение и формулировка рабочих гипотез	Работа со справочными и поисковыми системами	Индивидуальная работа
2 неделя	Отбор методов исследования.	Анализ физико-химических методов, которые можно использовать для определения содержания кислорода. Выбор методики проведения эксперимента.	Хранение и анализ информации	Индивидуальная работа
	Учебное проектирование	Разработка плана эксперимента	Форматирование фотографий	Индивидуальная работа
3 неделя	Проведение эксперимента	1. Очистка воды активированным углем	Методика	Работа в вузе
		2. Очистка воды ионообменной смолой АН-2	Методика	Работа в вузе
		3. Очистка воды биофильтром «Аквафор»	Методика	Работа в вузе
4 неделя	Проведение эксперимента	3. Определение химического показателя кислорода титриметрическим методом	Техника безопасности	Работа в вузе
	Обработка данных	Расчеты по формулам	Работа в Excel	Индивидуальная работа
	Оформление результатов проекта	Обработка литературных источников, оформление результатов, подведение итогов работы	Критерии оценки выступления Рефлексивный анализ	Оформление отчета

Цель технологического этапа: способствовать дальнейшему развитию и реализации умений и навыков учащегося при проведении лабораторных экспериментов, а также углубление его теоретических знаний. На данном этапе совместно с учеником были осуществлены следующие формы работы.

1. Подбор необходимого оборудования и реактивов, приготовление необходимых растворов.

2. Проведение экспериментальной части исследования (очистка воды активированный углем, ионообменной смолой АН-2, биофильтром «Аквафор»). Был проведен инструктаж по технике безопасности выполнения химического эксперимента, знакомство с лабораторным оборудованием, помощь в проведении эксперимента.

3. Анализ литературных источников. Были проведены консультации для учащегося, на которых рассмотрены какие органические вещества и каким путем они попадают в воду, лежащие в основе определения титриметрического метода.

Цель заключительного этапа: способствовать развитию умений учащегося обобщать, выделять главное, грамотно формулировать свои мысли. На данном этапе были реализованы следующие виды деятельности.

1. Анализ полученных результатов, построение графиков. По результатам проведенных исследований совместно с учеником были построены таблица и график.

2. Подведение итогов работы. Была оказана помощь ребенку формулировке выводов по работе и их оформлению.

3. Оформление исследовательской работы.

Таким образом, были рассмотрены основные методы, позволяющие очистить загрязненную воду от органических загрязнителей. Проведено знакомство с лабораторным оборудованием и техникой безопасности при работе с химическими соединениями.

Проектирование эксперимента по теме: «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей» включало в себя подбор

методик, а также знакомство ученика с титриметрическим методом. Для проведения экспериментального определения химического показателя кислорода совместно с ребёнком готовили раствор соли Мора концентрацией 0,1 моль/л.

Проектная работа была представлена на региональной научно-практической конференции школьников по биологии 20 апреля 2019 года и в рамках экологического марафона.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

При выполнении работы проведен литературный анализ, раскрывающий основные пути поступления органических веществ в воду, способы определения органического вещества и методы очистки воды от содержащихся в ней органических веществ.

Проведена подготовка модельного раствора, содержащего органическое вещество – гумат натрия, и экспериментально рассмотрена эффективность методов очистки воды от гумата методами коагуляции, адсорбции и ионного обмена. На основании определения величины дихроматной окисляемости воды (ХПК) показана наибольшая эффективность метода коагуляции с использованием хлорида железа (III) по сравнению с остальными методами.

С использованием материалов работы подготовлено и реализовано методическое сопровождение проектной деятельности обучающегося 10 класса по теме «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей» на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска». Выполненная проектная работа была апробирована на региональной научно-практической конференции школьников по биологии и в рамках программы экологического марафона.

По материалам работы можно сделать ряд выводов, раскрывающих полноту реализации поставленных задач.

1) Органические вещества попадают в природные воды как биологическим путем, так и от антропогенных источников, прежде всего, со сточными водами и смывами с полей.

2) Основными гидрохимическими показателями, отражающими содержание органического вещества в воде, являются перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода и биохимическое потребление кислорода.

3) Очистка воды от растворенных в ней органических веществ может быть осуществлена различными методами, среди которых преобладающими является метод коагуляции и сорбционные методы.

4) Наибольшую эффективность при очистке вод от органических загрязнителей проявляет метод коагуляции с использованием в качестве коагулянта хлорида железа (III). Эффективность использования в качестве коагулянта сульфата алюминия сравнима по своей эффективности с применением сорбционного и ионообменного методов. Вероятно, при использовании ионообменного метода больший эффект оказывает не ионный обмен со смолой, а сорбционные процессы на поверхности смолы.

5) По материалам работы подготовлено и реализовано методическое сопровождение проектной деятельности обучающегося 10 класса по теме «Исследование способов очистки воды от органических загрязнителей» на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска». Выполненная проектная работа была апробирована на региональной научно-практической конференции школьников по биологии и в рамках программы экологического марафона.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алекин, О.А. Основы гидрохимии [Текст] / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
2. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши [Текст] / О. А. Алекин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопинцев.– Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 268 с.
3. Аширов, А. Ионообменная очистка сточных вод [Текст] / А. Аширов. – Л.: Химия, 1983. – 295 с
4. Бабенков, Е.Д. Очистка воды коагулянтами [Текст] / Е.Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.
5. Ветошкин, А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды [Текст] / А.Г. Ветокшин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 325 с.
6. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 25.06.2012). – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=131680;dst=0;ts=53F492BA5DEFC1B70BAE1C8ED2E133F6;ts=882089BAA44723D1EA971BC238183676> / (29.09.2012). – Загл. с экрана.
7. Гамер, П. Очистка воды для промышленных предприятий [Текст] / П. Гамер, Д.. Джексон, И. Серстон. – М.: Стройиздат, 1968. – 416 с.
8. Гандурина, Л.В. Очистка сточных вод с применением синтетических флокулянтов [Текст] /Л.В. Гандурина. – М.: «ДАРВОДГЕО», 2007. – 198 с.
9. Гетманцев, С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами [Текст] / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. – 272 с.
10. Голованчиков, А.Б. Ионообменные методы очистки сточных вод [Текст] / А.Б. Голованчиков, Н.О Сиволобова, А.С. Тимонин. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 47 с.



11. Голубовская, Э.К. Биологические основы очистки воды [Текст] / Э.К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1978. – 268 с.
12. Гузеев, В.В. Метод проектов как частный случай интегральной технологии обучения [Текст] / В.В. Гузеев // Директор школы. – 1995. – №6. – С. 15-20.
13. Другов, Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик [Текст]: / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 894 с.
14. Запольский, А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 202 с.
15. Ивлеева, А.М. Современные методы очистки воды [Текст] / А.М. Ивлеева, С.В. Образцов, А.А Орлов. – Томск, ТПУ, 2010. – 78 с.
16. Карелин, Я.А. Очистка производственных сточных вод [Текст] / Я.А. Карелин, Ю.М Ласков, Ю.В Воронов. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
17. Карманов, А.П. Технология очистки сточных вод [Электронный ресурс] / А.П. Карманов, И.Н. Полина. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>., свободный. – Загл. с экрана.
18. Клячко, В.А. Очистка природных вод [Текст] / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. – М.: Стройиздат, 2012. – 579 с.
19. Когановский, А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод [Текст] / А.М. Когановский. – Киев: Наукова думка, 1983. – 240 с.
20. Кузнецов, А.Е. Прикладная экобиотехнология [Текст] / А.Е. Кузнецов. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 629 с.
21. Кульский, Л.А. Химия воды: Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод [Текст] / Л.А. Кульский, В.Ф. Накорчевская. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 240 с.
22. Логинова, Е.В. Гидроэкология: курс лекций [Текст] / Е.В. Логинова, П.С Лопух. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.

23. Новиков, Ю.В. исследования качества воды водоёмов. [Текст] / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М., «Медицина», 1990. – 400 с.

24. Пименова, Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов [Текст] / Е.В. Пименова. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 138 с.

25. Поруцкий, Г.В. Биохимическая очистка сточных вод от органических производств [Текст] / Г.В. Поруцкий. – М.: Химия, 1975. – 253 с.

26. Селиванова, Н.В. Очистка сточных вод : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию [Текст] / Н.В. Селиванова, Н.А. Андриянов. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 44 с.

27. Семенов, А.Д. Химическая природа органических веществ поверхностных вод [Текст] / А.Д. Семенов // Гидрохим. материалы. – 1967. – Том XLV. – С. 155-172.

28. Сироткин, А.С. Биофильтрация сточных вод [Текст] / А.С. Сироткин, Т.В. Кирилина, Е.Н. Семенова. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 172 с.

29. Сколов, М.П. Очистка сточных вод [Текст] / М.П. Сколов. – Набережные Челны: КамПИ, 2005. – 44 с.

30. Смирнов, А.Д. Сорбционная очистка воды [Текст] / А.Д. Смирнов. – Ленинград: Химия, 1982. – 168 с.

31. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/5200017> , свободный. – Загл. с экрана.

32. Соколов, М.П. Очистка сточных вод [Текст] / М.П. Соколов. – Набережные Челны: КамПИ, 2005. – 213 с.

33. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. [Текст]/ Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский. – Киев: Наукова думка, 1980. – 1206 с.

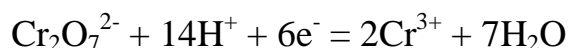
34. Тарасевич, Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды [Текст] / Ю.И. Тарасевич. – Киев: Наукова думка, 1981. – 208 с.
35. Таубе, П.Р. Химия и микробиология воды [Текст] / П.Р. Таубе, А.Г. Баранова. – М.: Высш. школа, 1983. – 280 с.
36. Куликов, Н.И. Теоретические основы очистки воды [Текст] / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко. – Донецк: изд-во "Ноулидж" (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
37. Фомина, Е.Ю. Технологии очистки сточных вод и обезвреживания шламов [Текст] / Е.Ю. Фомина, Г.М Чмаркова. – Иркутск: ИрГТУ, 2009. – 155 с.
38. Хохрякова, Е.А. Современные методы обеззараживания воды [Текст] / Е.А. Хохрякова. – М.: Издательский центр «Аква-Терм», 2014. – 55 с.
39. Чебакова, И.Б. Очистка сточных вод. [Текст] / И. Б Чебакова. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 84 с.
40. Чечель, И.Д. Метод проектов или попытка избавить учителя от обязанностей всезнающего оракула [Текст] / И.Д. Чечель. – М.: Сентябрь, 1998. – 256 с.
41. Чечель, И.Д. Управление исследовательской деятельностью педагога и учащегося в современной школе [Текст] / И.Д. Чечель. – М.: Сентябрь, 1998. – 320 с.
42. Шаов, А.Х. Технологии очистки природных и сточных вод [Текст] / А.Х. Шаов, А.М. Хараев. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2005. – 103 с.
43. Штриплинг, Л.О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов [Текст] / Л.О. Штриплинг, Туренко Ф.П. – Омск, 2005. – 192 с.
44. Яковлев, С.В., Биохимические процессы в очистке сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

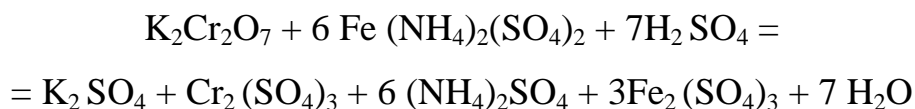
## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Арбитражный метод определения ХПК

*Сущность метода.* Органические вещества окисляют дихроматом калия в серной кислоте, разбавленной водой (1:1). Дихромат при этом восстанавливается до солей хрома (III) согласно уравнению



Окисление органических веществ в этих условиях ускоряется и охватывает практически все органические вещества, если вводить в реакционную смесь катализатор – сульфат серебра. При анализе природных вод определение проводят без катализатора. Количество неизрасходованного на окисление дихромата калия в растворе определяют титрованием солью Мора  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ . При этом протекает окислительно-восстановительная реакция:



Это основной метод определения окисляемости, он используется при анализе сточных и загрязненных вод, окисляемость которых равна или превышает  $100 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ .

В этих условиях не окисляются пиридин и его гомологи, пиррол, пирролидин, пролин, никотиновая кислота и некоторые другие азотсодержащие гетероциклические соединения, бензол, толуол и другие ароматические углеводороды, парафин, нафталин.

Если анализируемая проба содержит неорганические восстановители, то количество их, определяемое отдельно соответствующими методами, должно быть вычтено (в пересчете на кислород) из результата определения ХПК.

#### *Реактивы и оборудование*

Серная кислота концентрированная

Сульфат серебра.

N – Фенилантраниловая кислота или ферроин

Дихромат калия, 0,4 N раствор.

Соль Мора, 0,2 N. раствор.

Колбы для титрования

Бюретки

Колба с обратным холодильником

Кипелки или кусочки пемзы

Цилиндры

Пипетки

### **Ход определения.**

*Подготовка пробы.* Анализировать можно предварительно профильтрованную пробу или всю пробу вместе с присутствующим в ней осадком (в зависимости от поставленной цели). Фильтр надо предварительно промыть горячей водой и, проводя фильтрацию, отбросить первую порцию (200 – 250 см<sup>3</sup>) фильтрата. Нельзя фильтровать сточную воду, содержащую вещества, которые могут улетучиваться во время фильтрования или окисляться кислородом воздуха. В таких случаях фильтрование заменяют продолжительным отстаиванием сточной воды и для анализа отбирают пипеткой верхний прозрачный слой.

20 см<sup>3</sup> сточной воды вносят в круглодонную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, добавляют 1 мг Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, приливают 20 см<sup>3</sup> 0,4 н. сернохромовой смеси и кипятят на песчаной бане, ровно 4 минут по секундомеру.

Во время кипения горло колбы закрывают воронкой, чтобы объем смеси оставался неизменным. Проводить кипячение в конических колбах не следует, так как из-за большой поверхности дна происходит выпаривание смеси и разложение бихромата калия.

По окончании кипячения содержимое колбы охлаждают, разбавляют дистиллированной водой, переносят в коническую колбу, доводят объем до 100 см<sup>3</sup>, прибавляют 2 см<sup>3</sup> H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 7 – 8 капель дифениламина и титруют 0 н. раствором соли Мора до перехода окраски из винно-фиолетовой в

зеленую. Параллельно выполняют контрольный опыт. Для этого в такую же колбу, как и в основном анализе, вводят навеску  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , приливают 20  $\text{см}^3$  сернохромовой смеси и прodelывают все вышеуказанные операции.

**Расчет.** Химическое поглощение кислорода (ХПК), выраженное числом миллиграммов кислорода на 1  $\text{дм}^3$  сточной воды, вычисляют по формуле (1):

$$\text{ХПК} = \frac{(V_1 - V_2) \times H \times \mathcal{E}_{\text{O}_2} \times 1000}{V_{\text{пробы}}}, \quad (1)$$

где  $V_1$ —объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте,  $\text{см}^3$ ;

$V_2$  — объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование пробы,  $\text{см}^3$ ;

1000— коэффициент для перехода от граммов к миллиграммам

$H$  — концентрация титрованного раствора соли Мора, моль-экв/ $\text{дм}^3$ ;

$\mathcal{E}_{\text{O}_2}$ — эквивалент кислорода, 8 г/моль-экв.;

$V_{\text{пробы}}$  — объем анализируемой сточной воды,  $\text{см}^3$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 10

### Оценочный лист наставника

Ф.И.О. обучающегося: Елифанов Арсений Павлович

Класс: 10

Тип проекта: исследовательский

Ф.И.О. наставника: Корчагина Валентина Владимировна

Этапы	Код	Критерии	Макс балл	Оценка от наставника
1	2	3	4	5
<b>1. Организационный</b>			<b>19</b>	
1.1. Определенные темы проекта	2.1.1	-не анализирует существующие и не планирует будущие образовательные результаты; -анализирует существующие и планирует будущие образовательные результаты с помощью наставника; - анализирует существующие и планирует будущие образовательные результаты самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.5	- не формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели; - формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели с помощью наставника; - формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели самостоятельно;	0 1 2	1
1.2. Поиск и анализ проблемы	2.1.2	- не идентифицирует собственные проблемы и не определяет главную проблему; - идентифицирует собственные проблемы и определяет главную проблему с помощью наставника; - идентифицирует собственные проблемы и определяет главную проблему самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.3	- не выдвигает версии решения проблемы, не формулирует гипотезы, - выдвигает версии решения проблемы, формулирует гипотезы с помощью наставника; - выдвигает версии решения проблемы, формулирует гипотезы, предвосхищает конечный результат самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.4	- не ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей; - ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей с помощью наставника -ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей самостоятельно;	0 1 2	2



1	2	3	4	5
1.3. Постановк а цели проекта	2.2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не обосновывает и не осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач;</li> <li>- обосновывает и осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач с помощью наставника;</li> <li>- обосновывает и осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	1
	2.2.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не определяет/не находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи;</li> <li>- определяет/находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи с помощью наставника;</li> <li>- определяет/находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	3.1.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-не определяет свою роль в деятельности;</li> <li>-определяет свою роль в деятельности с помощью наставника;</li> <li>-определяет свою роль в деятельности самостоятельно;</li> </ul>	0 1 2	2
	3.1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности;</li> <li>- строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности с помощью наставника;</li> <li>-строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	3.1.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не умеет критически относиться к собственному мнению, с достоинством признавать ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректировать его;</li> <li>- критически относится к собственному мнению, с достоинством признает ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректирует его;</li> </ul>	0  1	1

1	2	3	4	5
<b>2. Выполнение проекта</b>			<b>38</b>	
2.1. Анализ имеющейся информации	1.1.2	- не находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности); - находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности) с помощью наставника; -находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности) самостоятельно;	0 1 2	2
	1.1.3	- не создает структурированные тексты; - создает структурированные тексты с помощью наставника; - создает структурированные тексты самостоятельно;	0 1 2	2
	1.1.5	- не устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов; - устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов с помощью наставника; - устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов самостоятельно;	0 1 2	2
2.2. Сбор и изучение информации	1.2.3	- не преобразовывает модели и схемы для решения задач; - преобразовывает модели и схемы для решения задач с помощью наставника; - преобразовывает модели и схемы для решения задач самостоятельно;	0 1 2	1
	1.2.4	- не обозначает символом и знаком предмет и/или явление; - обозначает символом и знаком предмет и/или явление с помощью наставника; - обозначает символом и знаком предмет и/или явление самостоятельно;	0 1 2	2
	1.2.5	- не определяет логические связи между предметами и/или явлениями, не обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме; - определяет логические связи между предметами и/или явлениями, обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме с помощью наставника; - определяет логические связи между предметами и/или явлениями, обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме самостоятельно;	0 1 2	2
	1.2.8	- не переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот;	0	2

1	2	3	4	5
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот, с помощью наставника;</li> <li>- переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот, самостоятельно;</li> </ul>	1  2	
2.3. Построение алгоритма деятельности	2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и не составляет алгоритм их выполнения;</li> <li>- определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составляет алгоритм их выполнения с помощью наставника;</li> <li>- определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составляет алгоритм их выполнения самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (не заявляет целевые ориентиры, не ставит адекватные им задачи и не предлагает действия);</li> <li>- выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (заявляет целевые ориентиры, ставит адекватные им задачи и предлагает действия, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов) с помощью наставника;</li> <li>- выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (заявляет целевые ориентиры, ставит адекватные им задачи и предлагает действия, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов) самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>-не выбирает из предложенных вариантов и не ищет средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели;</li> <li>-выбирает из предложенных вариантов и ищет средства/ ресурсы для решения задачи/ достижения цели с помощью наставника;</li> <li>-выбирает из предложенных вариантов и самостоятельно ищет средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не составляет план решения проблемы (выполнения проекта);</li> <li>- составляет план решения проблемы (выполнения проекта) с помощью наставника;</li> <li>- составляет план решения проблемы (выполнения проекта, проведения исследования) самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2

1	2	3	4	5
	2.2.7	<p>-не определяет потенциальных затруднений при решении учебной и познавательной задачи и не находит средства для их устранения;</p> <p>-определяет потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задачи и находит средства для их устранения с помощью наставника;</p> <p>-определяет потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задачи и находит средства для их устранения самостоятельно;</p>	0  1  2	1
2.4. Выполнение плана работы над индивидуальным учебным проектом	2.3.2	<p>- не систематизирует критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности;</p> <p>- систематизирует критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности с помощью наставника;</p> <p>- систематизирует (в том числе выбирает приоритетные) критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности самостоятельно;</p>	0  1  2	2
	2.3.4	<p>- не оценивает свою деятельность, аргументируя причины достижения или отсутствия планируемого результата;</p> <p>- оценивает свою деятельность, аргументируя причины достижения или отсутствия планируемого результата;</p>	0  1	1
	2.3.5	<p>- не находит достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата;</p> <p>- находит достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата;</p>	0  1	1
	2.3.6	<p>- работает по своему плану, вносит коррективы в текущую деятельность на основе анализа изменений ситуации для получения запланированных характеристик продукта/результата с помощью наставника;</p> <p>- работает по своему плану, вносит коррективы в текущую деятельность на основе анализа изменений ситуации для получения запланированных характеристик продукта/результата самостоятельно;</p>	1  2	2

1	2	3	4	5
2.5. Внесение (по необходим ости) изменений в проект	2.4.3	- пользуется выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий с помощью наставника; - свободно пользуется выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий;	1  2	2
	2.4.4	- не оценивает продукт своей деятельности по заданным критериям в соответствии с целью деятельности; - оценивает продукт своей деятельности по заданным и/или самостоятельно определенным критериям в соответствии с целью деятельности;	0  1	1
	2.4.5	- не обосновывает достижимость цели выбранным способом на основе оценки своих внутренних ресурсов и доступных внешних ресурсов; - обосновывает достижимость цели выбранным способом на основе оценки своих внутренних ресурсов и доступных внешних ресурсов;	0  1	1
	2.4.6	- не фиксирует динамику собственных образовательных результатов; - фиксирует и анализирует динамику собственных образовательных результатов самостоятельно;	0  1	1
	3.2.3	- не представляет в устной или письменной форме развернутый план собственной деятельности; - представляет в устной или письменной форме развернутый план собственной деятельности;	0  1	1
	3.2.8	- не использует вербальные средства (средства логической связи) для выделения смысловых блоков своего выступления; - использует вербальные средства (средства логической связи) для выделения смысловых блоков своего выступления;	0  1	1
	3.2.9	- не использует невербальные средства или наглядные материалы, подготовленные/отобранные под руководством наставника; - использует невербальные средства или наглядные материалы, подготовленные/отобранные под руководством наставника;	0  1	1
Итого: учеником набрано 53 балла из 57 баллов – это говорит о высоком уровне его подготовки.			57	53