



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

## **Сборник задач** по дисциплине

# **«Физико-химические и биологические основы обработки сточных вод»**

Автор  
Вильсон Е.В.

Ростов-на-Дону, 2016

## Аннотация

Физико-химические и биологические основы очистки сточных вод: методические указания к лабораторным работам для бакалавров всех форм обучения и иностранных обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиль подготовки «Водоснабжение и водоотведение».

Предназначено для обучающихся, изучающих дисциплину «Физико-химические и биологические основы очистки сточных вод» для выполнения лабораторных работ по материалам теоретического курса.

## Автор

канд. техн. наук, доц. Е.В. Вильсон



## Оглавление

Лабораторная работа №1 «Флотация».....	4
Лабораторная работа №2 «Изучение зависимости рассеивания света от толщины слоя жидкости и длины волны».....	4
Лабораторная работа №3 «Определение размера частицы в суспензии крахмала методом седиментации» .....	7
Лабораторная работа №4 «Контроль осаждения веществ из раствора при изменении его рН» .....	9
Лабораторная работа №5 «Избирательность адсорбции. Адсорбция и десорбция».....	11
Лабораторная работа №8 «Определение общего микробного числа».....	13
Литература.....	17
Приложение .....	18

## Лабораторная работа №1 «Флотация»

Самопроизвольно разделение дисперсной фазы и дисперсионной среды не происходит, для их разделения наиболее часто используют метод флотации или коагуляции.

Флотация – это процесс формирования флотационных комплексов, представляющих собой агломераты загрязняющих веществ абсорбированных на пузырьках воздуха.

Флотационные комплексы всплывают на поверхность камеры, с образованием флотационной пены.

*Оборудование и реактивы:*

Цилиндр на 1 литр, аэратор, химические стаканы, вода.

*Ход работы:*

1. Исходную воду поместить в цилиндр, отметить уровень воды в цилиндре.
2. Поместить аэратор в цилиндр и включить его с минимальной интенсивностью аэрации. Засечь время, за которое будет происходить пенообразование.
3. Флотационную пену собрать и отметить: измерить объем образовавшейся пены, отставить цилиндр с отобранной пеной и засечь время, за которое произойдет оседание этой пены. Замеряем объем оставшейся жидкости.
4. Повторяем наш опыт, но ставим аэратор на большую интенсивность.
5. Выводы.

## Лабораторная работа №2 «Изучение зависимости рассеивания света от толщины слоя жидкости и длины волны»

Согласно уравнению Релея интенсивность света определяется по формуле:

$$I = 24 \cdot \Pi^3 \cdot I_0 \cdot (n_1^2 - n_2^2 / n_1^2 + 2n_2^2)^2 \cdot vV^2 / \lambda^4,$$

где  $I$  – интенсивность света рассеянного единицей золя;

$I_0$  – интенсивность падающего света;

$n_1, n_2$  – показатель преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды;

$v$  – частичная концентрация (численная), т.е. число частиц в единице объема;

$V$  – объем одной частицы;

$\lambda$  – длина световой волны.

Метод измерения интенсивности носит название нефелометрии. На этом методе базируется работа колориметра. Колориметр фотоэлектрический концентрационный (КФК-2) предназначен для измерения длин волны от 315 нм до 980 нм, коэффициента пропускания и оптической плотности жидкостных растворов и твердых тел, а также определения концентрации веществ в растворах методом построения градуировочных графиков.

КФК позволяет также производить измерения коэффициентов пропускания рассеивающих взвесей эмульсии и коллоидных растворов в проходящем свете.

#### *Устройство и работа КФК*

Принцип измерения коэффициента пропускания состоит в том, что на фотоприемник направляются поочередно световые потоки: полный  $F_0^\lambda$  и прошедший через исследуемую среду  $F^\lambda$  и определяется отношение этих потоков. Отношение потоков есть коэффициент пропускания  $\tau$  исследуемого раствора:

$$\tau = F^\lambda / F_0^\lambda \cdot 100\%.$$

На КФК это отношение определяется следующим образом: вначале в световой поток помещают кювету с растворителем или контрольным раствором. Изменения чувствительности КФК добиваются, чтобы отсчет по шкале коэффициентов пропускания КФК  $n_1 = 100$ . Таким образом,  $F_0^\lambda$  условно принимают равным 100%. Затем в световой поток помещают кювету с исследуемым раствором. Полученный отсчет  $n_2$  по шкале коэффициентов пропускания КФК будет соответствовать  $F^\lambda$ . Следовательно, коэффициент пропускания исследуемого раствора в % равен  $n_2$ , т.е.  $\tau \% = n_2$ .

Оптическая плотность  $D$  определяется по формуле:

$$D = -\lg \tau / 100 = 2 - \lg \tau.$$

В оптический блок входят:

- осветитель;
- оправа с оптикой;
- светофильтры;
- кюветное отделение;
- светодержатель;
- фотометрическое устройство с усилителем и постоянным

током;

- регистрирующий прибор.

Определение концентрации вещества в растворе.

При определении концентрации вещества в растворе следует соблюдать следующую последовательность в работе:

1. Выбор светофильтра.
2. Выбор кюветы.

3. Построение градуировочной кривой для данного вещества.

4. Измерение оптической плотности исследуемого раствора и определение концентрации вещества в растворе.

*Выбор светофильтра:*

Наличие в КФК узла светофильтра и набора кювет позволит подобрать такое их сочетание, при котором погрешность в определении концентрации будет наименьшей.

Порядок выбора светофильтра:

1. Налить раствор в кювету и определить оптическую плотность для всех длин волн.

2. По полученным данным построить кривую, откладывая по горизонтальной оси длины волн, соответствующие  $\max$  коэффициенту пропускания светофильтра КФК, а по вертикальной оси соответствующие оптические плотности раствора.

3. Отметить тот участок, на котором выполняются следующие условия:

- оптическая плотность имеет максимальную величину;
- ход кривой примерно параллелен горизонтальной оси, т.е. оптическая плотность мало зависит от длины волны (2-е условие может для некоторых условий не иметь место, тогда при выборе светофильтра ограничиваются выполнением первого условия).

4. Светофильтр для работы выбирается так, чтобы длина волны, соответствующая максимальному коэффициенту пропускания светофильтра, приходилась на отмеченный выше участок спектральной кривой испытуемого раствора.

5. Если эти условия выполняются для нескольких светофильтров, то из них выбрать тот, для которого чувствительность КФК выше.

*Выбор кюветы*

Как указывалось выше абсолютная ошибка измерения коэффициента пропускания не превышает 1%, относительная ошибка определения концентрации раствора будет различной при работе на разных участках шкалы КФК и достигает  $\min$  при значении оптической плотности 0,4, поэтому при работе на КФК рекомендуется путем соответствующего выбора кювет работать вблизи указанного значения оптической плотности.

Предварительный выбор кювет проводится визуально, соответственно интенсивности окраски раствора.

Если раствор интенсивно окрашен, то нужно пользоваться кюветой малой рабочей длиной. В случае слабоокрашенных рас-

творов – работать с кюветами с большей рабочей длиной (табл. 1).

Таблица 1  
Рабочие длины кювет

Рабочая длина кюветы, мм	50	30	20	10	5
Объем, мл	20	14	9	5	2,3

В предварительно подобранную кювету налить раствор и измерить его оптическую плотность, введя в ход соответствующий для данного раствора светофильтр.

Если получится значение оптической плотности 0,3-0,5 – выбрать данную кювету для работы с данным раствором. В том случае, когда эти условия не выполняются, следует попробовать другую кювету.

Если величина измеренной оптической плотности больше 0,5-0,6 – берут кювету с меньшей рабочей длиной. Если величина меньше 0,2-0,3 – следует выбрать кювету с большей рабочей длиной (табл. 2).

Таблица 2

Определение оптической плотности растворов при разной длине волны

Наименование раствора	Длина волны						Оптическая плотность					
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Медный купорос	364	400	440	490	540	590	0,035	0,025	-	-	0,05	-
Метилоранж	364	400	440	490	540	590	1,7	-	1,65	1,1	-	-
Чернила	364	400	440	490	540	590	0,065	0,05	0,038	0,9	0,22	-
Сладкая вода	364	400	440	490	540	590	0,14	0,006	0,035	0,025	0,02	-

Сделать вывод.

### Лабораторная работа №3 «Определение размера частицы в суспензии крахмала методом седиментации»

*Цель работы:* ознакомление с методом определения размера частиц в грубодисперсной системе.

Седиментационный анализ состоит в экспериментальном получении кривой седиментации, т. е. зависимость массы осадка от времени осаждения.

Если сферические частицы радиусом  $r$  и плотностью  $\rho$  по-

местить в жидкость, плотность которой будет равна  $\rho_0$ , а вязкость  $\mu$ , на них будет действовать сила тяжести, это ляжет в основу процесса седиментации.

$$F_{\text{сед}} = V(\rho - \rho_0) \cdot g,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

$V$  – объём частицы.

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3$$

Частицы разных размеров оседают с разными скоростями. Чем больше частица, тем больше скорость её оседания. Если экспериментально определить скорость оседания частицы можно вычислить радиус частицы.

$$r = \text{SQR}(9 \cdot U_{\text{сед}} \cdot \mu / 2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g),$$

где  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости, зависимой от температуры (табл.3).

$U$  – скорость осаждения;

$\rho_0$  – 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – 9.81 м/с<sup>2</sup>.

Таблица 3

Зависимость динамического коэффициента вязкости от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$\mu, \text{кг/см}$
10	$1,31 \cdot 10^{-3}$
15	$1,14 \cdot 10^{-3}$
20	$1,01 \cdot 10^{-3}$
25	$0,89 \cdot 10^{-3}$

Т.к. величины  $\mu$ ,  $g$ ,  $\rho$ ,  $\rho_0$  характеризуют систему и не зависят от дисперсности, то можно записать:

$$r = k \cdot \text{SQR}(U_{\text{сед}}),$$

$$k = \text{SQR}(9 \cdot \mu / 2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g).$$

Это уравнение справедливо только для условий, при которых выполняется закон Стокса.

1. Частицы имеют сферическую форму.
2. Частицы движутся ламинарно, не зависимо друг от друга и с постоянной скоростью.

3. Трение является внутреннем для дисперсионной среды.

На седиментацию отдельной частицы не должны влиять соседние частицы. Чтобы избежать обратного необходимо проводить седиментацию в достаточно разбавленных суспензиях.

Однако чем больше разбавлена суспензия, тем меньше масса осадка, и тем выше погрешность измерения.

Т.о., в седиментационном анализе используются суспензии, размеры частиц которых лежат в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-6}$ , а кон-



центрация составляет  $s=0,5-0,6\%$ .

Важным условием применения седиментационного анализа является полная смачиваемость жидкости, в которой они оседают.

В реальных условиях невозможно измерить радиус частицы и определить относительную массу каждой фракции. Эта задача решается экспериментально на примере отстойника.

$$U=H/t,$$

где  $H$  – высота оседания частиц, м;

$t$  – время оседания, с.

*Ход работы:*

1. Погрузить чашечку весов в суспензию. Измерить расстояние от поверхности жидкости до дна чашечки. Масса чашечки 117 мг.

2. Исследуемую суспензию тщательно размешивают и опускают в неё чашечку. Через 1,3,5,10,15,20 минут от начала опыта отмечают массу чашечки с оседающими частицами. Опыт повторяют 2 раза, результаты сводят в таблицу.

3. Строят кривую седиментации.

4. Строят кривую распределения.

5. Строят дифференциальную кривую распределения и определяют наиболее вероятный радиус частицы в данной системе.

6. Определяют скорость осаждения частицы, определяют параметры отстойника.

### **Лабораторная работа №4 «Контроль осаждения веществ из раствора при изменении его pH»**

Обработка сточных вод с целью осаждения токсичных тяжелых металлов широко используется при очистке производственных и муниципальных сточных вод. Осаждение металлов, как правило, осуществляется в виде гидроксидов этих металлов, формирующихся в обрабатываемой воде при добавлении к сточным водам щелочных реагентов. Этот метод эффективен, конечно, в том случае, когда концентрация гидроксид - ионов превышает порог их растворимости. Поскольку в данном случае значение произведения растворимости зависит от концентрации иона металла и от концентрации гидроксид - ионов, то понятно влияние значения pH системы на растворимость соответствующих гидроксидов при данной температуре. Однако следует отметить, что некоторые металлы дают отклонение от этой модели из-за способности образовывать растворимые гидроксокомплексы при

высоких значениях pH. При этом могут образовываться различные соединения. Для двухвалентного металла это может иметь вид:  $M_T = M^{2+} + M(OH)^+ + M(OH)^0 + M(OH)_3' + M(OH)_2^2$ . Сумма этих соединений  $M_T$  определяет полную растворимость металла. Таким образом, теоретическая растворимость многих металлов становится сложной функцией с характерным минимумом. Выделение металлов из сточных вод путем гидроксидного осаждения может осложняться за счет изменения заряда иона, температуры, концентрации комплексов и времени, требующегося для достижения состояния равновесия. Все это может осложнять сопоставление эмпирических данных с теоретическими представлениями. С целью корректировки pH сточных вод добавляют известь и гидроксид кальция щелочные реагенты для гидроксидного осаждения тяжелых металлов. Образующуюся дисперсную фазу выделяют из дисперсионной среды в отстойниках. Для более тонкой очистки можно использовать фильтрование через слой загрузочного материала, например кварцевого песка. Однако здесь имеются некоторые сложности - плохая фильтрация желатинообразной гидроксидной пульпы, большой объем осадка если для осаждения металлов из сточных вод, содержащих сульфаты используют известь. Необходимость дальнейшей корректировки значений pH до оптимальных (6,5 - 8,5). Необходимо также отметить, что наиболее полно тяжелые металлы можно удалить из чистых растворов.

*Цель работы* – определение полноты выделения из раствора ионов алюминия в зависимости от pH раствора.

*Приборы и реактивы:*

*Приборы:* фотоэлектроколориметр лабораторный, рабочая длина волны - 540 нм; pH-метр любой модели; колбы емкостью 50 мл; пипетки на 25 мл, 10 мл; химические стаканы.

*Реактивы:* стандартный раствор алюминия (1 мл - 0,1 мг иона алюминия); реакционная смесь (буферный раствор, алюминон, сульфат аммония, аскорбиновая кислота); подкисленная дистиллированная вода.

*Калибровочная кривая.* Калибровочную кривую строят по стандартным растворам соли алюминия различных концентраций, обработанных так же, как и анализируемая проба.

*Ход работы:*

В три химических стакана поместить по 10 мл стандартного раствора алюминия, по 15 мл подкисленной дистиллированной воды и 10 мл дистиллированной воды. В химических стаканах концентрация алюминия составит 28,57 мг/л.

В химических стаканах определить pH растворов и, добав-

ляя в каждый раз различное количество гидроксида натрия, сформировать кислую среду ( $\text{pH}=3 - 4$ ), слабо щелочную или слабо кислую, близкую к нейтральной ( $\text{pH}= 6,7- 7,8$ ), и щелочную среду ( $\text{pH}= 9-10$ ).

Содержимое стаканов медленно перемешивать стеклянной палочкой в течение 10 мин.

Оставить пробы в покое на 15-20 мин.

Провести визуальный контроль. Описать процессы, протекающие в наблюдаемых растворах.

Профильтровать пробы через бумажные фильтры.

Отобрать 25 мл фильтрата и поместить в колбы вместимостью 50 мл.

В эти же колбы добавить по 25 мл реакционной смеси. Раствор перемешать. Приготовить холостую пробу. Для этого в колбу вместимостью 50 мл поместить 25 мл подкисленной дистиллированной воды и 25 мл реакционной смеси. Раствор перемешать.

Через 25 -30 мин определить оптическую плотность раствора на КФК-3 при длине волны 540 нм.

Определить концентрацию остаточного алюминия:  $x= C_{25}/V$ , где  $V$  – объем пробы, взятой для определения (в данном случае также 25 мл); определить по градуировочному графику.

Сделать выводы. Записать их.

## **Лабораторная работа №5 «Избирательность адсорбции. Адсорбция и десорбция»**

### *Краткая теория*

Самопроизвольное поглощение каким-либо твердым материалом других веществ называется сорбцией. Если процесс сорбции характеризуется увеличением концентрации веществ на границе раздела фаз, то говорят об адсорбции вещества.

Если поглощаемое вещество диффундирует вглубь поглотителя и распределяется по объему, то это явление называют абсорбцией. Вещество, на поверхности которого идет адсорбция, называют адсорбентом, а поглощаемое вещество называют адсорбатом. Сорбционная очистка используется для извлечения загрязнений различной природы. Технологические приемы очистки природных и сточных вод базируются на теории адсорбции вещества из водных растворов. Эффективность процесса зависит от правильного выбора сорбента. Следует учитывать, что из водных растворов лучше сорбируются вещества, обладающие сродством к сорбенту, т. е. неполярные вещества лучше сорбируются неполярными сорбентами, а полярные вещества лучше сорбируются

полярными сорбентами. В практике водоочистки и водоподготовки наиболее часто в качестве неполярных (гидрофобных) сорбентов применяют активные угли (АУ).

Активные угли это пористые твердые тела, обладающие моно- или поли- дисперсной структурой Они состоят из множества беспорядочно расположенных микрокристаллов графита, образовавшихся в результате сочетания углеродных атомов при нагреве углеродсодержащего сырья.

#### *Цель работы*

Качественно проследить избирательность адсорбции полярных и неполярных веществ из растворов на активных углях и возможность обратного процесса - десорбции.

#### *Материалы и оборудование*

Пробирки, воронки, фильтры, активированный уголь, разбавленные водные растворы: мурексида, йода, сульфата меди, метилового фиолетового; концентрированные растворы: соляной кислоты, гидроксида натрия, этилового спирта.

#### *Последовательность выполнения работы:*

1. В пробирки наливают по 10 мл сильно разбавленных окрашенных растворов мурексида, сульфата меди, йода, метилового фиолетового.

2. В каждую пробирку вносят по 0,25 г растертого активированного угля. Содержимое пробирок взбалтывают в течение 5-8 мин. Полученную смесь фильтруют через бумажные фильтры. Получают бесцветный или окрашенный фильтрат.

3. Часть угля с фильтра, через который отфильтровывалась смесь угля с мурексидом, переносят в пробирку с водой, а другую часть - в пробирку с этиловым спиртом и тщательно взбалтывают содержимое обеих пробирок.

Вода в первой пробирке остается бесцветной, а во второй спирт окрашивается – произошла десорбция мурексида. Объяснить причину десорбции.

4. В две пробирки наливают соответственно по 10 мл метилового фиолетового, в первую пробирку вводят две капли соляной кислоты, во вторую – две капли гидроксида натрия.

5. В пробирки вносят по 0,25 г активированного угля. Содержимое пробирок взбалтывают в течение пяти минут.

6. Смесь фильтруют через обыкновенный бумажный фильтр. Метилловый фиолетовый сорбируется в щелочной среде и не сорбируется в кислой среде.

7. Описать визуальные наблюдения. Указать причину того или иного явления.

8. Сформулировать общие выводы.

### **Лабораторная работа №8 «Определение общего микробного числа»**

#### *Краткая теория*

Инфекционные болезни, вызываемые патогенными бактериями, вирусами, простейшими или паразитарными агентами, представляют собой типичный и наиболее распространенный фактор риска для здоровья, связанный с питьевой водой. Если в населенном пункте есть больные с активно протекавшими заболеваниями или носители болезни, то фекальное загрязнение водоисточника приводит к появлению болезнетворных микроорганизмов в воде. Использование такой воды перорально (в качестве питьевой) или контакт с нею при мытье или купании и даже вдыхание водяных паров могут вызвать инфекцию. К болезнетворным микроорганизмам относятся: *Salmonella* spp., *Shigella* spp., патогенные *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Uersinia enterocolitica*, *Salmonella typhi* и др. Удаление всех этих организмов из воды, предназначенной для питья, является задачей первостепенной важности. Многие патогенные организмы можно обнаружить с помощью соответствующих методов, однако гораздо проще и эффективнее проводить тестирование на наличие бактерий, которые являются индикаторами присутствия фекального загрязнения или недостаточной очистки и обеззараживания воды. Бактерии-индикаторы должны удовлетворять следующим требованиям: присутствовать в больших количествах в фекалиях людей и теплокровных животных; быстро обнаруживаться с помощью простых методов; не должны развиваться в природной воде; степень очистки и методы удаления индикаторов должны быть аналогичны показателям для патогенов водного происхождения. К основным организмам-индикаторам относят: *Escherichia Coli*, термотолерантные и другие колиформные бактерии, фекальные стрептококки, споры сульфитредуцирующих клостридий и колифаги. Хотя ни один из организмов полностью не удовлетворяет всем перечисленным требованиям, *E. Coli* отвечает большинству из них. В меньшей степени указанным требованиям удовлетворяют термотолерантные колиформные бактерии, однако они легко обнаруживаются и играют важную вторичную роль как индикаторы эффективности процессов очистки. Источником происхождения термотолерантных колиформ, за исключением *E. Coli*, могут служить промышленные сточные воды, обогащенные органическими веществами, или воды, в которые попали разлагающиеся

растения и почвенные частички. Общие колиформы обнаруживаются как в фекалиях, так и в окружающей среде; это ограничивает их возможность применения в качестве индикатора фекального загрязнения. Однако обнаружение их в системах водоснабжения свидетельствует о недостаточной очистке воды, вторичном загрязнении после очистки или о наличии избыточного количества питательных веществ. Фекальные стрептококки служат дополнительными показателями эффективности очистки воды, они имеют высокую устойчивость к высушиванию и могут быть полезны для контроля после прокладки новых водопроводных магистралей или ремонта распределительной сети, а также для обнаружения загрязнения поверхностными стоками подземных или поверхностных вод. Сульфитредуцирующие кластридии способны существовать в воде значительно дольше, чем колиформные микроорганизмы, они устойчивы к обеззараживанию. Таким образом, их присутствие в прошедшей обеззараживанию воде может указывать на недостаточную очистку последней и на то, что устойчивые к обеззараживанию патогенные микроорганизмы, вероятно, не погибли при очистке. Колифаги легко обнаруживаются в воде, они широко распространены в сточных водах, они инфицируют штаммы *E. Coli* и важны как индикаторы эффективности очистки и охраны подземных вод.

Безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в табл. 4.

Таблица 4

Нормативные показатели безопасности питьевой воды в эпидемиологическом отношении

Показатели	Ед. измерения	Нормативы
1	2	3
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см <sup>3</sup>	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см <sup>3</sup>	Отсутствие
Общее микробное число	Число образованных колоний бактерий в 1 см <sup>3</sup>	Не более 50
Колифаги		
Споры сульфитредуцирующих кластридий	Число спор в 20 см <sup>3</sup>	Отсутствие

Цисты лямблий	Число спор в 50 см <sup>3</sup>	Отсутствие
---------------	---------------------------------	------------

*Цель работы*

Овладение методом посева и подсчета микроорганизмов. определение общего микробного числа и оценка эпидемиологической опасности воды.

*Оборудование и реактивы*

Автоклав; инкубаторы; чашки Петри диаметрам 90 и 100мм; водяная баня; мясо-пептонная агаровая среда.

*Последовательность выполнения работы*

Определение общего микробного числа воды р. Темерник, воды р. Дон и питьевой воды.

Сущность метода заключается в прививке пробы воды путем смешивания или распыления на поверхности специально приготовленной питательной среды агара в чашках Петри, инкубирования их при температуре 37° по Цельсию в течение 24 или 48 часов или при 22° по Цельсию в течение 72 часов и подсчете колоний частиц, образующихся на ед. площади.

1. В две чашки Петри пипеткой внести 1 см<sup>3</sup> исследуемой воды, в две другие чашки Петри внести 1 см<sup>3</sup> речной воды, предварительно разбавленной стерильной водой в несколько раз. Число разбавлений зафиксировать.

2. Залить пробы 10 - 15 см<sup>3</sup> питательного мясо-пептонного агара, имеющего температуру около 45° по Цельсию. Содержимое быстро перемешать, осторожно наклоняя и вращая чашку по поверхности стола. Необходимо избегать образования пузырьков воздуха, незалитых участков дна чашки, попадания питательной среды на края и крышку чашки.

3. Поставить чашку на горизонтальную поверхность до застывания среды, а затем поместить в термостат и выдерживать при температуре 37,5° по Цельсию в течение 24 часов. За это время в чашках Петри вырастают колонии бактерий.

4. Подсчитать общее количество колоний бактерий (X). При равномерном росте бактерий на всей поверхности среды определить количество колоний на 1 см<sup>2</sup> (n) и умножить на площадь чашки:  $S = \pi r^2$  (r – радиус чашки), тогда  $X = n \cdot \pi \cdot r^2$ .

5. Степень загрязнения воды определить по табл.5.

Таблица 5

Зависимость степени загрязнения воды от общего количества бактерий

Характеристика воды	Количество бактерий в 1 см <sup>3</sup> воды
---------------------	--

Очень чистая	1 2 10 - 10
Чистая	2 3 10 - 10
Умеренно загрязненная	3 4 10 - 10
Грязная	4 5 10 - 10
Очень грязная	5 6 10 - 10



## Литература

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.
2. Должикова В.Д. Практикум по коллоидной химии: учебное пособие для вузов – М.: Инфа-М, 2012. – С.142-147.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное: учебное пособие – М.: АСВ, 2004. – С.396-405.
4. Калицун В.И., Ласков Ю.М. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод – М.: Стройиздат, 1995. – С.90-96.

## Приложение

### Варианты к лабораторной работе №1

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{\text{ТВ}}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	4,03	4,05	1500	15	0,2
2	4,57	4,50			
3	5,90	5,60			
5	6,50	6,80			
7	7,31	7,28			
10	8,0	8,0			
15	8,80	8,90			
20	8,90	9,10			

Масса чашечки – 3 г.

2

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{\text{ТВ}}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	5,03	5,05	1800	25	0,25
2	5,57	5,50			
3	6,90	6,60			
5	7,50	7,80			
7	8,31	8,28			
10	9,0	9,0			
15	9,80	9,90			
20	9,90	10,10			

Масса чашечки – 2,5 г.

3.

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{\text{ТВ}}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	6,00	6,05	2100	10	0,25
2	6,54	6,50			
3	7,87	7,60			

5	8,30	8,60			
7	9,31	9,29			
10	10,40	10,42			
15	10,81	10,90			
20	10,93	11,10			

Масса чашечки – 3 г.

4.

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	4,03	4,05	2300	10	0,5
2	4,57	4,50			
3	5,90	5,60			
5	6,50	6,80			
7	7,31	7,28			
10	8,0	8,0			
15	8,80	8,90			
20	8,90	9,10			

Масса чашечки – 2 г.

5.

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	4,03	4,05	1500	15	0,2
2	4,57	4,50			
3	5,90	5,60			
5	6,50	6,80			
7	7,31	7,28			
10	8,0	8,0			
15	8,80	8,90			
20	8,90	9,10			

Масса чашечки – 3 г.

6

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг	Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м

	$m_1$	$m_2$	1600	18	0,24
1	4,21	4,25			
2	4,77	4,70			
3	6,10	5,85			
5	6,72	7,10			
7	7,61	7,58			
10	8,25	8,61			
15	9,00	9,25			
20	9,34	9,34			

Масса чашечки – 3,5 г.

7

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	$m_1$	$m_2$			
1	5,00	5,05	1900	16	0,29
2	6,57	6,50			
3	7,90	6,95			
5	8,50	8,80			
7	9,31	9,28			
10	9,80	9,92			
15	10,00	10,11			
20	10,80	10,70			

Масса чашечки – 3 г.

8

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	$m_1$	$m_2$			
1	6,00	6,05	2200	12	0,35
2	7,57	7,50			
3	8,90	8,95			
5	9,50	9,80			
7	10,31	10,28			
10	11,86	11,92			
15	12,00	12,11			
20	12,80	12,70			

Масса чашечки – 4 г.

9

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	5,00	5,05	2100	9	0,35
2	6,57	6,50			
3	7,90	7,95			
5	8,50	8,80			
7	9,31	9,28			
10	9,80	9,92			
15	10,00	10,11			
20	10,80	10,70			

Масса чашечки – 2,8 г.

10

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	7,00	7,05	1900	16	0,29
2	8,57	8,50			
3	9,90	9,95			
5	10,50	10,80			
7	11,31	11,28			
10	11,80	11,92			
15	12,00	12,11			
20	12,80	12,70			

Масса чашечки – 5 г.

11

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ ) кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	4,40	4,45	1600	10	0,45
2	5,37	5,50			
3	6,80	6,95			
5	7,50	7,80			
7	8,24	8,28			

10	8,75	8,72			
15	9,04	9,11			
20	9,70	9,70			

Масса чашечки – 1,5 г.

12

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ )кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	7,28	7,25	2100	25	0,31
2	7,70	7,70			
3	8,15	8,25			
5	9,62	9,50			
7	9,84	9,88			
10	11,25	11,61			
15	12,30	12,25			
20	12,60	12,65			

Масса чашечки – 4,5 г.

13

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ )кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			
1	5,21	5,25	1500	12	0,15
2	5,77	5,70			
3	7,10	6,85			
5	7,72	8,10			
7	8,61	8,58			
10	9,25	9,61			
15	10,00	10,25			
20	10,34	10,34			

Масса чашечки – 3,0 г.

14

Продолжительность опыта, мин	Показатели весов, мг		Плотность тв. фазы, ( $\rho_{тв}$ )кг/м <sup>3</sup>	Температура системы, °С	Высота столба жидкости (Н), м
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>			

1	4,21	4,25	13 00	11	0,25
2	4,77	4,70			
3	6,10	5,85			
5	6,72	7,10			
7	7,61	7,58			
10	8,25	8,61			
15	9,00	9,25			
20	9,34	9,34			

Масса чашечки – 2,8 г.