

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Методического указания по выполнению лабораторных работ
Часть 1

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2013

УДК 628.3:378.147.091.313(075.8)

ББК 38.761.2:74.58я73

О-94

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензенты: заместитель технического директора
по инновациям ООО «Горводоканал»
г. Пензы П.В. Пивоваров;
главный специалист-эксперт государственного автономного учреждения
(Региональный центр государственной экспертизы и ценообразования в
строительстве Пензенской области)
С.А. Ляпин

О-94 **Очистка** сточных вод: методические указания по выполнению лабораторных работ. Ч.1 / А.М. Исаева, И.И. Шпилева, В.С. Тюриков; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 48 с.

Изложены методика и порядок проведения анализа сточных вод, активного ила и осадков.

Направлены на овладение навыками постановки и проведения экспериментов по заданным методикам; выработку умений составлять отчеты по выполненным работам.

Методические указания подготовлены на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Стройцентр» и предназначены для использования студентами, обучающимися по направлению 270800 «Строительство» (бакалавриат), при выполнении лабораторных работ по курсу «Очистка сточных вод».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2013

© Исаева А.М., Шпилева И.И.,
Тюриков В.С., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Сточная жидкость имеет сложный состав загрязнений органической и минеральной природы, находящихся во взвешенном, коллоидном и растворенном состояниях. Эти загрязнения под влиянием физических, химических и биохимических процессов постоянно подвергаются изменению при движении сточных вод по очистным сооружениям к месту выпуска. В связи с этим при проектировании очистных сооружений канализации важно знать, в каком состоянии находятся загрязнения в стоках. В то же время состав загрязнений сточной жидкости определяет требуемую эффективность работы тех или иных технологических комплексов очистных станций.

Нормальная эксплуатация искусственных биологических очистных сооружений возможна лишь при знании состава и физиологии микроорганизмов, ведущих процесс очистки; так называемых показательных или индикаторных организмов; условий, которые способствуют быстрой переработке ими веществ, а также факторов, влияющих на скорость процесса. Эти данные дают возможность регулировать деятельность индикаторных микроорганизмов в желаемом направлении, а также наметить конкретные пути, позволяющие интенсифицировать процесс биоочистки.

Знание методик определения количественного состава загрязнений сточных вод и активного ила в биологических сооружениях способствует более глубокому изучению курсов «Очистка сточных вод» и «Основы промышленного водоотведения».

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ, СУХОГО И ПРОКАЛЕННОГО ОСТАТКОВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ

Цель работы – приобрести практические навыки определения концентрации и зольности взвешенных веществ, сухого и прокаленного остатков в исследуемой пробе сточной воды.

Состав и свойства сточных вод

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, по физическому состоянию можно разделить на следующие группы:

- 1) нерастворимые вещества;
- 2) коллоидные вещества, размеры частиц от 0,1 до 0,001 мкм;
- 3) растворенные вещества, состоящие из молекулярно-дисперсных частиц размером менее 0,001 мкм;
- 4) растворенные вещества ионной степени дисперсности.

Нерастворимые вещества в сточных водах в зависимости от размеров частиц и их удельного веса могут находиться во взвешенном состоянии, волочиться по дну в виде осадка или всплывать на поверхность потока жидкости.

Взвешенные вещества – одна из важнейших характеристик состава сточных вод. Они являются расчетной величиной для проектирования отстойных сооружений. Концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости определяется весовым методом: путем взвешивания высушенного осадка, полученного после фильтрования пробы сточной воды, на беззольном фильтре. Так как вещества, плавающие и влекомые по дну канала, не всегда удается включить в отбираемую пробу сточных вод, то полученное количество взвешенных веществ следует увеличить на 10–20 %.

Коллоидную систему сточных вод образуют как гидрофильные, так и гидрофобные коллоиды. Гидрофильные коллоиды характеризуются способностью дисперсных частиц связывать молекулы воды, являющиеся дисперсной средой (углеводы, белки, мыла, микроорганизмы и др.). Гидрофобные коллоиды отличаются неспособностью дисперсных частиц связывать молекулы воды. К ним относятся: глина, гидраты окиси железа и алюминия, кремний, беззольный уголь и другие.

Содержание коллоидных и растворимых веществ определяют выпариванием на водяной бане фильтрата, получаемого в результате

фильтрации пробы сточной жидкости, то есть воды, прошедшей через фильтр. Полученный после выпаривания остаток называется сухим или плотным остатком. Количество минеральной части во взвешенных, коллоидных и растворимых веществах определяется прокаливанием (сжиганием) фильтрата с осадком и сухого остатка в муфельной печи с последующим взвешиванием получаемой после этого остывшей золы.

1. Определение концентрации взвешенных веществ

Материалы и оборудование:

- 1) беззольный фильтр;
- 2) сушильный шкаф;
- 3) эксикатор;
- 4) мерный цилиндр, $V = 25$ мл;
- 5) воронка Бюхнера;
- 6) водоструйный насос или вакуум-насос;
- 7) аналитические весы.

Порядок и методика проведения анализа

Подготовленный беззольный фильтр из бюкса, помеченный карандашом, высушенный в сушильном шкафу при $T = 105$ °С и взвешенный на аналитических весах, помещают в воронку прибора для фильтрования (рис. 1). Через фильтр пропускают 15 мл исследуемой воды, необходимый вакуум в приборе достигается при помощи водоструйного насоса.

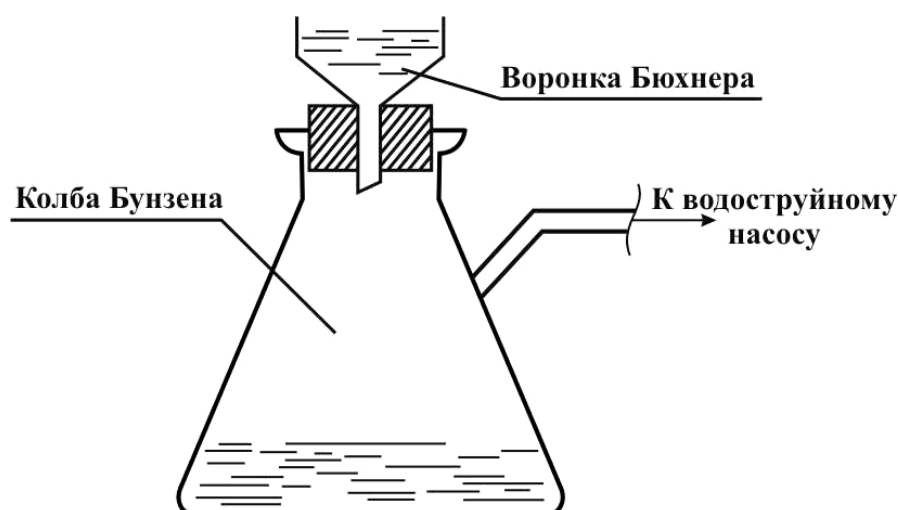


Рис. 1. Прибор для фильтрования

Приставшие к стенкам прибора частицы осадка смывают на фильтр порцией фильтрата. По окончании фильтрования бюкс с фильтром и

осадком подсушивают сначала на воздухе, потом в сушильном шкафу при $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 часа до постоянной массы при открытой крышке бюкса, затем взвешивают.

Вычисление количества взвешенных веществ C , мг/л, производится по формуле

$$C = \frac{(a-b) \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где a – вес фильтра с осадком, г;

b – вес фильтра без осадка, г;

V – объем сточной воды, взятой для анализа, мл;

1000 – пересчет на л;

1000 – пересчет на мг.

Результаты опытов заносятся в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Определение концентрации взвешенных веществ

Номер опыта	Вес фильтра без осадка b , г	Вес фильтра с осадком a , г	Концентрация взвешенных веществ C , мг/л
1	2	3	4

2. Определение сухого плотного остатка

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровая чашка, $V = 50$ мл;
- 2) водяная баня;
- 3) фильтровальная бумага;
- 4) сушильный шкаф;
- 5) цилиндр, $V = 25$ мл;
- 6) эксикатор;
- 7) аналитические весы.

Порядок и методика проведения анализа

В прокаленную, охлажденную и взвешенную фарфоровую чашку помещают 15 мл анализируемой воды, предварительно профильтрованной. Воду отмеряют мерным цилиндром и выпаривают на водяной бане досуха. В процессе выпаривания нужно следить, чтобы кипящая вода не попадала из бани в чашку. По окончании выпаривания чашку снаружи вытирают полотенцем, переносят в сушильный шкаф и высушивают в нем при $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Чашку с сухим

остатком охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Количество сухого остатка СО, мг/л, определяется по формуле

$$CO = \frac{(a-b) \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где СО – содержание сухого остатка, мг/л;

a – вес чашки с сухим остатком, г;

b – вес пустой чашки, г;

V – объем анализируемой воды, мл;

1000 – пересчет на мг;

1000 – пересчет на л.

Сухой остаток характеризует содержание растворимых минеральных и частично органических примесей, а именно тех, температура которых заметно превышает 105 °С, не летучих с водяным паром и не разлагающихся при указанной температуре.

3. Определение концентрации прокаленного остатка

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровая чашка;
- 2) муфельная печь;
- 3) тигельные щипцы;
- 4) эксикатор;
- 5) аналитические весы.

Порядок и методика проведения анализа

Для определения прокаленного остатка чашку с сухим остатком тигельными щипцами осторожно помещают в муфельную печь и при $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ прокаливают до тех пор, пока остаток в чашке не станет белым или буроватым (15–20 минут). Затем чашку с прокаленным остатком охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Вычисление концентрации прокаленного остатка (ПО), мг/л, производится по формуле

$$ПО = \frac{(a-b) \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где ПО – содержание прокаленного остатка, мг/л;

a – вес чашки с прокаленным остатком, г;

b – вес пустой чашки, г;

V – объем исследуемой воды, мл;

1000 – пересчет на мг;

1000 – пересчет на л.

Результаты опытов заносятся в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Определение сухого и прокаленного остатков в сточной воде

Номер опыта	Вес пустой чашки, г	Вес чашки с сухим остатком, г	Вес чашки с прокаленным остатком, г	Содержание остатка, мг/л	
				сухого	прокаленного
1	2	3	4	5	6

Величина прокаленного остатка дает ориентировочное представление о количестве минеральных растворенных солей в исследуемой воде.

4. Зольность взвешенных веществ

Материалы и оборудование:

- 1) фильтр с осадком;
- 2) фарфоровый тигель;
- 3) муфельная печь;
- 4) тигельные щипцы;
- 5) аналитические весы;
- 6) эксикатор.

Порядок и методика проведения анализа

Высушенный фильтр с осадком помещают в тигель, предварительно прокаленный и взвешенный, и очень осторожно поджигают. Затем тигельными щипцами тигель помещают в муфельную печь и прокаливают при температуре 600–800 °С в течение 20 минут.

После охлаждения в эксикаторе тигель с золой взвешивают на аналитических весах. Зольность взвешенных веществ (З), %, определяется по формуле

$$З = \frac{(c-d) \cdot 100}{(a-b)},$$

где c – вес фарфорового тигля с золой, г;

a – вес фильтра с осадком, г;

b – вес фильтра без осадка, г;

d – вес пустого фарфорового тигля, г.

Зольность взвешенных веществ, %, показывает количество минеральных нерастворимых примесей в осадке.

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ИССЛЕДУЕМОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ, ХПК И ВЛАЖНОСТИ ОСАДКА

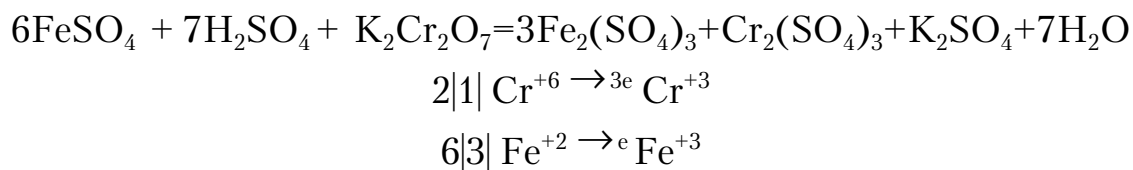
Цель работы – определить ХПК сточной воды, ее относительную стойкость и влажность сырого осадка.

БПК И ХПК сточных вод

Одной из основных характеристик загрязнений сточных вод является биохимическая потребность в кислороде (БПК) и химическая потребность в кислороде (ХПК). БПК – это количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ, содержащихся в сточной жидкости, аэробными микроорганизмами. Выражается количеством кислорода в мг на 1 л или в г на 1 м³ сточной жидкости (мгО/л; гО/м³).

Следует отметить, что БПК сточных вод не характеризует полного количества органических веществ, содержащихся в сточных водах, т.к. часть из них не поддается окислению биохимическим методом, а часть веществ расходуется на прирост биомассы. Поэтому для определения полного количества кислорода, необходимого для окисления всех органических загрязнений сточных вод, применяют химические методы окисления, а именно: иодатную или бихроматную окисляемость. Для определения величины иодатной и бихроматной окисляемости исследуемую пробу сточных вод смешивают с химически чистой серной кислотой H₂SO₄, к которой в первом случае добавляют иодат калия KIO₃, а во втором – соли хромовой кислоты K₂Cr₂O₇, отдающие свой кислород для окисления органических соединений, содержащихся в стоке. Окисление ведется при кипячении.

Из двух предложенных окислителей наиболее эффективным и удобным в применении оказался бихромат калия. Для повышения полноты окисления в смесь химических реактивов и пробы сточной жидкости прибавляют сульфат серебра Ag₂SO₄ в качестве катализатора. Химический процесс окисления органических загрязнений происходит в соответствии с уравнением окислительно-восстановительной реакции:



Такой метод химического окисления органических веществ носит название химической потребности в кислороде (ХПК), в результате которой окисляются большинство органических легко-, средне- и трудно-окисляемых веществ и некоторые минеральные примеси, присутствующие в сточной воде. ХПК выражается в мгО/л или гО/м³.

В настоящем лабораторном практикуме предлагается применение ускоренного метода определения ХПК. Главная особенность экспресс-метода – это повышение количества добавляемой при анализе H₂SO₄. При выполнении анализа этим методом нагревания извне не требуется, так как температура повышается за счет энергии, выделяющейся при химическом взаимодействии воды с концентрированной серной кислотой.

1. Определение химической потребности в кислороде экспресс-методом

Реактивы и оборудование:

- 1) бихромат калия K₂Cr₂O₇ (0,25 н. водный раствор);
- 2) серная кислота H₂SO₄, концентрированная (96 %);
- 3) сульфат серебра Ag₂SO₄, кристаллический;
- 4) соль Мора (0,25 н. водный раствор сульфата железа и аммония; Fe(SO₄)·7H₂O·(NH₄)₂SO₄);
- 5) фенолантраниловая кислота-индикатор;
- 6) колбы на 150 мл;
- 7) пипетки и бюретки;
- 8) мерные цилиндры на 100 мл и 10 мл.

Титр соли Мора устанавливают по титрованному раствору бихромата калия. В колбу на 150 мл приливается 25 мл дистиллированной воды и 2,5 мл бихромата калия. Далее добавляется 2 мл концентрированной серной кислоты и после охлаждения на воздухе раствор титруется 0,25 н. раствором соли Мора при добавлении 2–3 капель фенолантраниловой кислоты. Титр соли Мора вычисляется из соотношения

$$T = V/V_1,$$

где T – поправочный коэффициент к точно 0,25 н. раствору соли Мора;

V – объем бихромата калия, взятого для титрования, мл;

V_1 – объем соли Мора, взятой на титрование, мл.

Порядок и методика проведения анализа

Для анализа берут 1 мл анализируемой воды, приливают 2,5 мл 0,25н водного раствора бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и 0,2 г кристаллического сульфата серебра Ag_2SO_4 . Смесь перемешивают и осторожно приливают 7,0 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Капли добавляемых реактивов не должны попадать на стенки колбы объемом в 150 мл, в которой проводят анализ. После охлаждения на воздухе полученного раствора до комнатной температуры приливают 100 мл дистиллированной воды, 2–3 капли фенилантраниловой кислоты и титруют избыток бихромата солью Мора до перехода окраски из золотисто-желтой в изумрудно-зеленую.

Одновременно проводят «холостой» опыт, где вместо сточной жидкости берут 1 мл дистиллированной воды и проводят весь анализ, аналогично описанному.

Расчет бихроматной окисляемости ХПК, мгО/л, проводят по формуле

$$\text{ХПК} = \frac{(a - b) \cdot N \cdot 8 \cdot 1000 \cdot T}{V},$$

где a – объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование в «холостом» опыте, мл;

b – объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование пробы, мл;

N – нормальность титрованного раствора соли Мора;

8 – количество кислорода, соответствующее 1 мл бихромата калия, мг (грамм-эквивалент кислорода);

T – поправочный коэффициент к точно 0,25 н. раствору соли Мора;

V – объем пробы, взятой для анализа, мл.

2. Определение влажности осадка

При расчете иловой части отстойных сооружений необходимо знать влажность осадков, задерживаемых в результате механической и биологической очистки стоков. Влажность осадка, выраженная в %, характеризуется отношением веса воды, содержащейся в осадке, к его навеске по сухому веществу. Влажность осадка определяют выпариванием воды из пробы осадка на водяной бане с последующим высушиванием до постоянного веса в сушильном шкафу.

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровая чашка, $V = 50$ мл;
- 2) водяная баня;
- 3) сушильный шкаф;
- 4) технические весы.

Порядок и методика проведения анализа

В фарфоровую чашку для выпаривания, предварительно взвешенную с точностью до 0,01 г на технических весах, наливают в несколько приемов (хорошо перемешивая) около 10 мл осадка. Чашку с осадком взвешивают на технических весах. Затем осадок выпаривают на водяной бане, сушат в сушильном шкафу 30 минут при температуре 105 °С, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

Расчет влажности осадка γ , %, производится по формуле

$$\gamma = \frac{(a-b) \cdot 100 \%}{C},$$

- где a – масса чашки с влажным осадком, г;
 b – масса чашки с сухим осадком, г;
 C – навеска влажного осадка, г.

3. Определение относительной стабильности сточных вод

Способность сточных вод загнивать при $T = 20$ °С через определенный промежуток времени характеризует относительную стабильность сточных вод или их стойкость.

Загнивание стоков происходит после того, как будет израсходован весь растворенный кислород на биохимические процессы.

Начало загнивания определяется по обесцвечиванию метиленовой сини, добавляемой к исследуемой жидкости.

Реактивы и оборудование:

- 1) метиленовая синь – раствор;
- 2) кислородные склянки, $V = 150-180$ мл;
- 3) пипетки, $V = 1-2$ мл.

Порядок и методика проведения анализа

Наполняют до краев склянку с притертой пробкой емкостью около 150 мл исследуемой водой. К пробе добавляют точно 0,4 мл раствора метиленовой сини, погружая кончик пипетки под поверхность

жидкости. Плотно закрывают пробку, чтобы не осталось в склянке пузырьков воздуха, перемешивают краску, несколько раз перевертывая склянку, надевают колпак, наполненный той же водой, но без сини, и ставят в термостат. Инкубацию производят при $T = 20^{\circ}\text{C}$ до наступления обесцвечивания. Наблюдение за обесцвечиванием пробы жидкости делают не реже двух раз в неделю.

Величина относительной стойкости в зависимости от продолжительности времени, потребовавшегося для обесцвечивания метиленовой сини S , %, вычисляется по формуле

$$S = 100 \cdot (1 - 0,794)^t$$

где t – количество суток, в течение которых был потреблен весь растворенный кислород, и срок начала загнивания воды.

Лабораторная работа 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗЫ, ЗОЛЬНОСТИ И ИЛОВОГО ИНДЕКСА АКТИВНОГО ИЛА

Цель работы – определить дозу и иловый индекс в пробе иловой смеси, а также зольность активного ила; охарактеризовать представленный для анализа активный ил по его способности к переработке органических загрязнений.

Состав и свойства активного ила

Окислительная способность аэрационной системы (аэротенк и регенератор) тем выше, чем больше концентрация ила (доза ила) в иловой смеси. В аэротенках разных систем и конструкций диапазон изменения доз ила достаточно велик – от 1 до 20 г/л.

Следует отметить, что не вся масса активного ила участвует в биологической очистке стоков, а только его органическая часть, так называемое беззольное вещество активного ила. В эту часть входит биомасса аэробных микроорганизмов – бактерий и простейших. Таким образом, в процессе биоочистки фактически участвует несколько меньшее количество ила, а именно:

$$a_i \cdot (1 - Z_{\text{ил}}),$$

где a_i – доза ила по сухому веществу;

$Z_{\text{ил}}$ – зольность активного ила в долях от единицы.

Обычно в активном иле присутствует 25–35 % (по весу) минеральных веществ (зольность ила), в том числе и минеральная часть клеточного вещества живых микроорганизмов (5–7 %).

Показателем качества активного ила является способность его к оседанию. Эта способность оценивается значением илового индекса. Иловый индекс – это объем активного ила в миллилитрах после тридцатиминутного отстаивания, относящийся к 1 г сухого вещества ила.

От значения илового индекса и концентрации иловой смеси аэротенков в значительной степени зависит эффективность работы вторичных отстойников, для удовлетворительной работы которых при очистке городских сточных вод доза ила в аэротенке не должна превышать 2–3 г/л в пересчете на сухое вещество. Как правило, при нормальной эксплуатации аэротенков иловый индекс не превышает 100 мг/г. Превышение дозы ила в аэротенках приводит к излишнему накоплению в иловой зоне вторичных отстойников активного ила, его загниванию, повышенному выносу ила, обескислороживанию очищен-

ной воды и, следовательно, ухудшению работы сооружений биологической очистки. Глубоко минерализованный ил может иметь индекс 60–90 мг/г. В неблагоприятных условиях, при резкой перегрузке или недогрузке ила по органическим загрязнениям, резком изменении температуры, состава стоков ил может «вспухать». Такой ил имеет индекс более 120 мг/г, он плохо оседает и отделяется от очищенных стоков во вторичных отстойниках, при этом снижается общий эффект очистки и уменьшается доза ила в аэротенке. Главное требование к иловому индексу – его стабильность.

1. Доза активного ила по весу

Материалы и оборудование:

- 1) воронка Бюхнера (с диаметром 55 мм) с колбой Бунзена;
- 2) водоструйный насос;
- 3) мерный цилиндр, $V = 50$ мл;
- 4) беззольный фильтр (красная лента);
- 5) сушильный шкаф;
- 6) аналитические весы;
- 7) эксикатор.

Порядок и методика проведения анализа

Активный ил из аэротенка хорошо перемешивают и отбирают порцию иловой смеси точно 25 или 50 мл в мерный цилиндр с таким расчетом, чтобы количество сухого вещества в пробе не превышало 0,3–0,4 г.

Соединяют колбу Бунзена с водоструйным насосом (см. рис. 1) и вкладывают в воронку Бюхнера фильтр, предварительно высушенный, взвешенный на аналитических весах и помеченный карандашом. Беззольный фильтр помещают так, чтобы он плотно прилегал к стенкам воронки, был надписью вниз, и смачивают его дистиллированной водой.

Отмеренное количество иловой смеси из цилиндра пропускают через фильтр, распределяя его равномерно по поверхности фильтра.

Приставший к стенкам цилиндра ил смывают на фильтр небольшими порциями дистиллированной воды, приливая ее после того, как вся жидкость пройдет через фильтр, во избежание взмучивания ила.

После того, как жидкость на фильтре хорошо отфильтрована, фильтр с илом переносят на лист фильтровальной бумаги и помещают в невключенный (холодный) сушильный шкаф, так как ил представляет

собой слизеобразную массу, которая запекается при резком нагревании, и результат может быть завышенным. Затем шкаф включают в сеть, замечают время, когда температура поднимется до 105–120 °С, после чего сушат 30–60 минут до постоянного веса.

Высушенный фильтр с илом охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Дозу, или концентрацию активного ила, по весу a_i , г/л, определяют по формуле

$$a_i = \frac{(b-c) \cdot 1000}{V},$$

где b – вес фильтра с илом, г;

c – вес чистого фильтра, г;

V – объем профильтрованной иловой смеси, мл;

1000 – пересчет на 1 л.

Результат вычислений рассчитывают до целых. Дозу активного ила определяют 1 раз в сутки в аэротенках, каналах и регенераторах на очистных сооружениях сточных вод.

2. Зольность активного ила

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровый тигель, $V = 50$ мл;
- 2) тигельные щипцы;
- 3) муфельная печь;
- 4) аналитические весы;
- 5) эксикатор.

Порядок и методика проведения анализа

В фарфоровый тигель, предварительно прокаленный при $T = 600$ °С в муфельной печи и взвешенный после охлаждения в эксикаторе, помещают взвешенный беззольный фильтр с высушенным активным илом. Затем тигель с фильтром прикрывают крышкой и ставят на электрическую плитку с асбестовой сеткой для озоления осадка в вытяжном шкафу.

Озоление ведут осторожно, чтобы осадок частично не улетел с газами, образующимися при сгорании пробы. По окончании озоления тигель прокалывают до постоянной массы в течение 30 минут в муфельной печи при $T = 600$ °С, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Зольность активного ила $Z_{\text{ил}}$ выражают в % к сухому весу ила по формуле

$$Z_{\text{ил}} = \frac{m-n}{b-c} \cdot 100,$$

где m – вес тигля с золой после прокаливания, г;

n – вес пустого тигля, г;

b и c – вес фильтра, соответственно с илом и без ила, г.

Результат вычислений округляется до первого знака после запятой.

3. Иловый индекс

Материалы и оборудование:

1) мерный цилиндр, $V = 100$ мл;

2) часы.

Порядок и методика проведения анализа

Пробу иловой смеси аэротенка тщательно взбалтывают, наливают в мерный цилиндр 100 мл иловой смеси и производят отсчет времени. По истечении 30 минут отмечают объем, занимаемый илом, мл.

Иловый индекс равен объему в мл, занимаемому одним граммом сухого вещества активного ила через 30 минут.

Иловый индекс J_i , см³/г (мл/г), определяется по формуле

$$J_i = V / q,$$

где V – объем ила после 30-минутного отстаивания, мл;

q – сухое вещество активного ила, г;

Результат вычислений округляется до целых.

Лабораторная работа 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы – построить графики кинетики осаждения взвешенных веществ $\mathcal{E}_i = f(t)$ и $\mathcal{E}_i = f(U_0)$; произвести расчет отстойного сооружения с использованием полученных зависимостей.

Кинетика процесса осаждения

Расчет отстойников, кроме вторичных, расположенных после биологических сооружений, производится по кинетике выпадения из сточных вод оседаемых взвешенных веществ. К оседаемым относятся вещества, выпадающие в осадок при отстаивании сточных вод в течение 2 часов и объемной массе взвешенных веществ более 1 г/см^3 . Кинетику процесса осаждения устанавливают опытным путем в лабораторных условиях, используя эталонные цилиндры диаметром не менее 120 мм и емкостью не менее 0,5 л.

Взвешенные вещества, содержащиеся в сточной жидкости, состоят из частиц различных размеров, гидравлическая крупность которых изменяется в значительных пределах. Такие взвешенные вещества называются полидисперсными. Полидисперсность взвешенных веществ, распределение и изменение их свойств по высоте отстаивания слоя жидкости затрудняют математическое определение эффективности осветления жидкости при разной продолжительности отстаивания, а вместе с тем и расчет отстойных сооружений. Полное представление о динамике осаждения полидисперсных взвешенных веществ из сточных вод дают кривые зависимости эффекта осветления воды \mathcal{E}_i от продолжительности отстаивания t или условной гидравлической крупности U_0 . Гидравлическая крупность U_0 , мм/с, определяется по формуле

$$U_0 = h/t,$$

где h – высота слоя жидкости в эталонном цилиндре, мм;
 t – продолжительность отстаивания, с.

Зависимости $\mathcal{E}_i = f(t)$ и $\mathcal{E}_i = f(U_0)$ называются кривыми кинетики осаждения взвешенных веществ. Их получают опытным путем при осветлении городских или промышленных сточных вод в состоянии покоя. Имея такие кривые для данного вида сточных вод, можно рассчитать отстойники на требуемый эффект осветления.

Кинетику выпадения взвешенных веществ из сточных вод (в статических условиях) можно получать различными методами. Наиболее простой способ – с использованием торсионных весов. Весы (рис. 2) имеют шкалу 4 с ценой деления 1 мг, вся шкала рассчитана на взвешивание груза до 500 мг.

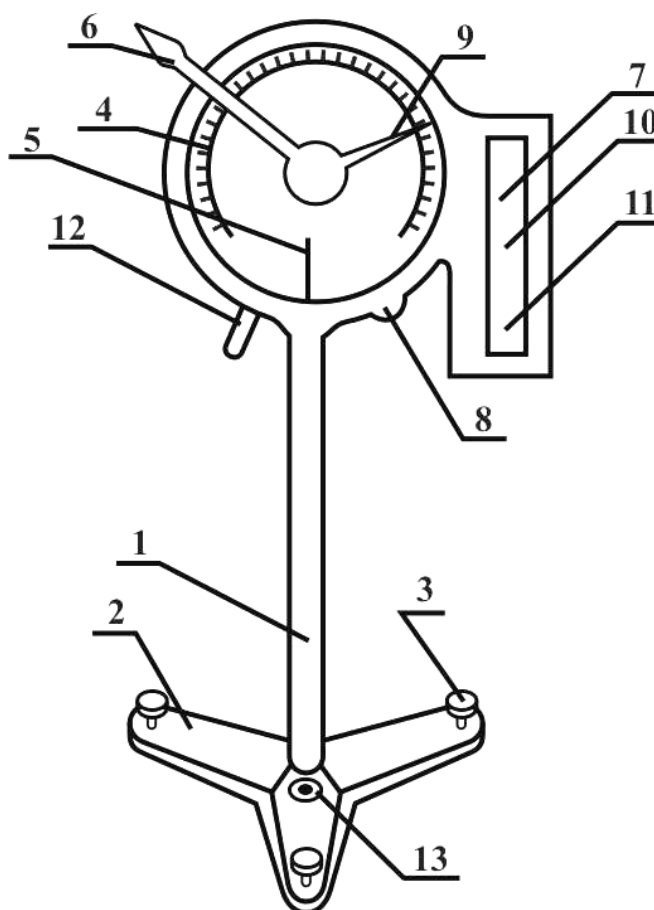


Рис. 2. Торсионные весы:

- 1 – металлическая опора; 2 – тренога; 3 – опорные винты; 4 – шкала для взвешивания; 5 – указатель веса; 6 – рычаг натяжения; 7 – указатель равновесия; 8 – тарировочная головка; 9 – коромысло; 10 – крюк; 11 – крышка; 12 – закрепительный рычаг; 13 – установка весов по уровню

Сущность торсионного анализа взвеси состоит в последовательном взвешивании через произвольные промежутки времени взвеси, выпадающей из исследуемой воды на чашечку торсионных весов, которая погружена в эту воду. С помощью торсионного анализа строят плавную кривую осаждения взвеси, по которой затем определяют кривую скорости выпадения взвеси и ее гранулометрический состав.

Установлено, что при увеличении времени отстаивания кривая взвеси на своем конечном участке приближается к прямой, параллельной оси времени, что свидетельствует о полном выпадении час-

тичек взвесей из исследуемой воды. Практически время отстаивания проб воды колеблется от 90 до 120 минут.

Вес осадка равен разности весов, полученных при взвешивании в воде пустой чашки и чашки с осадком. Затем вычисляется эффект выпадения взвеси, %, через определенные промежутки времени по формуле

$$\mathcal{E}_i = \frac{g_o - g_t}{g_o} \cdot 100 \%,$$

где g_o – начальное количество осадка в исследуемом объеме сточной жидкости, мг:

$$g_o = c_o \cdot V;$$

здесь c_o – исходная концентрация взвешенных веществ в исследуемой жидкости, определенная весовым методом, мг;

V – объем исследуемой жидкости, л:

$$V = [(\pi \cdot d^2) / 4] \cdot h;$$

здесь d – диаметр чашки весов, дм;

h – высота слоя жидкости над чашкой (глубина погружения чашки весов), принимаемая равной 500 мм;

g_t – оставшееся количество осадка в исследуемом объеме сточной жидкости после отстаивания, мг:

$$g_t = g_o - \Delta g;$$

$$\Delta g = g_i - g_r,$$

здесь g_i – вес чашки с осадком по времени отсчета, мг;

g_r – вес пустой чашки, полученный взвешиванием ее в дистиллированной воде, мг.

Далее вычисляется гидравлическая крупность для каждого определенного эффекта по вышеприведенной формуле.

По вычисленным значениям строятся графики (рис. 3).

Материалы и оборудование:

- 1) торсионные весы;
- 2) цилиндр $D = 120$ мм и $H = 800$ мм;
- 3) мешалка;
- 4) чашка $d = 0,45$ дм;
- 5) мерный цилиндр, $V = 50$ мл;
- 6) беззольный фильтр;
- 7) воронка Бюхнера и колба Бунзена;
- 8) водоструйный насос;

- 9) аналитические весы;
- 10) сушильный шкаф;
- 11) эксикатор;
- 12) секундомер.

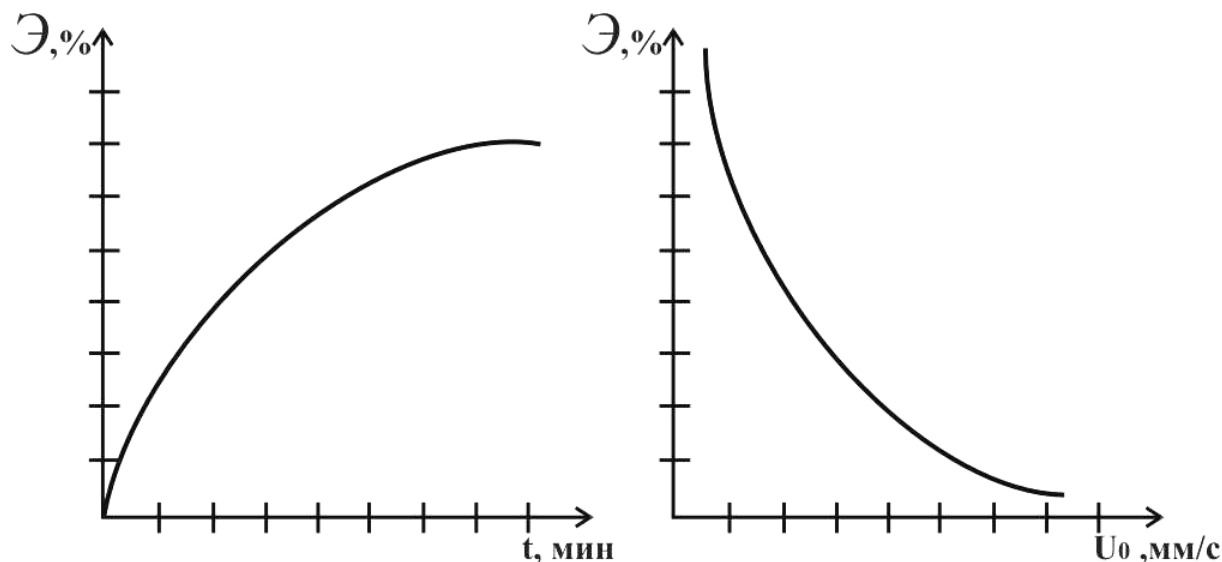


Рис. 3. Графики кинетики осаждения взвеси

Порядок и методика проведения анализа

В исследуемой жидкости определяется концентрация взвешенных веществ по методике, изложенной в лабораторной работе 1.

Готовится установка для определения осаждения взвешенных веществ в исследуемой жидкости (рис. 4). Устанавливаются торсионные весы по уровню посредством опорных винтов (см. рис. 2). Освободив коромысло 9 передвижением закрепительного рычага 12, устанавливают указатель веса 5 на нуль с помощью рычага натяжения 6. После этого нужно совместить указатель равновесия вращением тарировочной головки 8. Чашка подвешивается к коромыслу 9, опускается в цилиндр с дистиллированной водой на требуемую глубину и определяется ее вес g_0 , мг. Начальный вес пустой чашки можно определять и в исследуемой воде, что позволяет избежать систематической ошибки, обусловленной разностью удельных весов исследуемой воды и дистиллированной. За счет этого повышается точность опыта.

Вес чашки в воде измеряется путем перемещения указателя веса до тех пор, пока он не совместится с чертой равновесия, нанесенной на шкале. После определения веса чашки цилиндр наполняется исследуемой водой, содержимое цилиндра тщательно перемешивается мешалкой, затем к коромыслу весов подвешивается чашка, которая с

помощью нитки (см. рис. 4) осторожно, чтобы не захватить пузырьки воздуха, опускается на глубину около 500 мм от уровня воды в цилиндре.

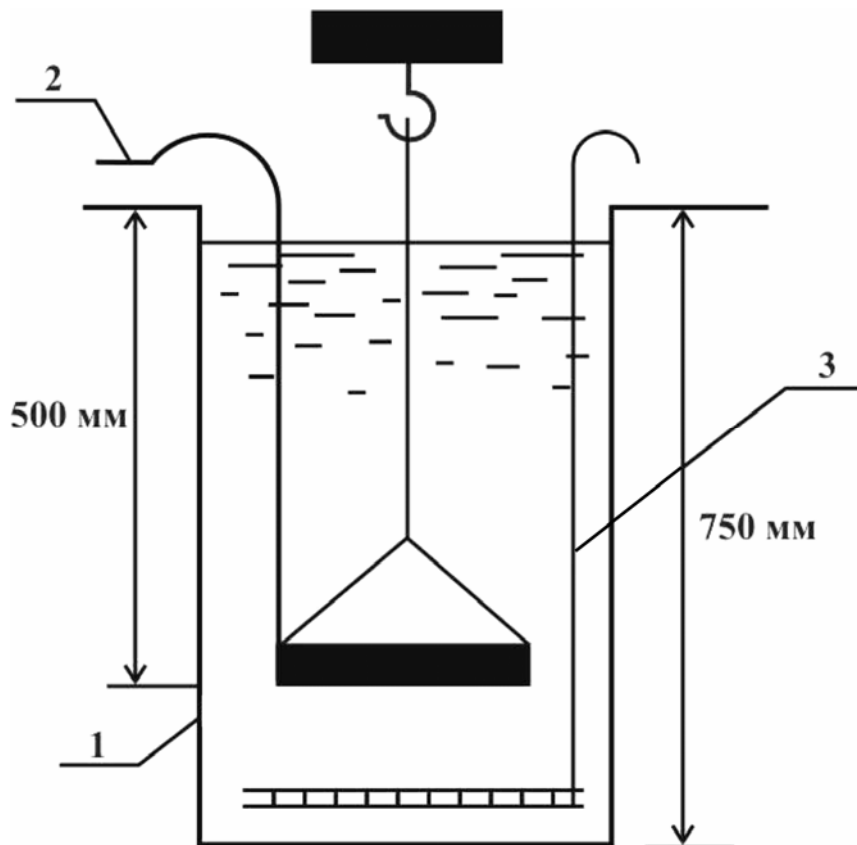


Рис. 4. Прибор для определения кинетики осаждения взвеси:
1 – цилиндр; 2 – нитка или тонкая леска; 3 – мешалка

Необходимо следить за тем, чтобы чашка не раскачивалась, и в этот момент включить секундомер (начало опыта).

При проведении торсионного анализа практически первый отсчет удается взять через 30–60 с после начала отстаивания.

На точность анализа в большей степени влияют броуновское движение и конвекционные токи жидкости. Во избежание ошибок, связанных с этими влияниями, опыт проводится при температуре воды и окружающего воздуха около 20 °С. Если температура иная, то вводится поправочный коэффициент.

По истечении 15, 30, 45, 60, 75, 90 и 105 секунд от начала опыта фиксируется вес чашки с осадком. Результаты наблюдений заносятся в табл. 3.

Таблица 3

Параметры кинетики осаждения взвешенных веществ

Номер опыта	Время отстаивания t , с	Глубина погружения чашки h , мм	Показания торсионных весов		Вес осадка в исследуемом объеме сточной воды по времени отсчета g_v , мг	Эффект оседания взвеси \mathcal{E}_i , %	Гидравлическая крупность U_0 , мм/с
			отсчет по шкале g_i , мг	вес выпавшей взвеси Δg , мг			

После окончания наблюдения за процессом осаждения подсчитываются \mathcal{E}_i и U_0 с учетом исходной концентрации взвешенных веществ C_0 в исследуемой жидкости для каждой продолжительности отстаивания взвеси. На графиках оси ординат откладывается значение \mathcal{E}_i (2 см содержит 10 %), по оси абсцисс – значение времени t (1 см – 10 мин) и значение U_0 (2 см – 1 мм/с).

Лабораторная работа 5

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АКТИВНОГО ИЛА

Цель работы – промикроскопировать и описать образцы активного ила; назвать преобладающие формы гидробионтов и зарисовать отдельные виды; сделать заключение о состоянии активного ила и его способности к переработке загрязнений.

Состав биоценоза активного ила

В настоящее время основным сооружением для биологической очистки сточных вод в искусственных условиях является аэротенк.

Жидкость в аэротенке очищается активным илом, который представляет собой сложный биоценоз различных организмов. Источником питания организмов активного ила служат органические загрязнения сточных вод.

Активный ил имеет вид хлопьев бурого цвета, которые при отстаивании иловой смеси в аэротенке выпадают в осадок. Под микроскопом видно, что хлопья активного ила состоят в основном из бактериальных клеток. На поверхности хлопьев, между ними или реже внутри них обычно находятся разнообразные простейшие.

Важнейшую роль в очистке сточных вод от органических загрязнений играют бактерии, которые составляют основную часть активного ила. На 1 г активного ила приходится 1×10^{12} бактерий с суммарной поверхностью 1200 м^2 . Подавляющее большинство бактерий – одноклеточные организмы, которые могут иметь шаровидную, палочковидную и извитую формы (рис. 1П, 2П). Кроме одноклеточных бактерий, в активном иле развиваются в небольшом количестве нитчатые бактерии (рис. 3П), дрожжи и отдельные нити плесневых грибов. В аэробных сооружениях характерна **Zoogloea ramigera** (рис. 4П). Эта бактерия образует своеобразные микроколонии, напоминающие разветвленное деревце.

Микрофауна активного ила представлена в основном одноклеточными – простейшими (**Protozoa**) различных типов, классификация которых основана на способах движения. К простейшим относятся представители саркодовых (**Sarcodina**) (рис. 5П), бесцветных жгутиковых (**Flagellata**) (рис. 6П), а также инфузорий ресничных (**Ciliata**) (рис. 7П) и сосущих (**Suctoria**) (рис. 8П).

Наиболее многочисленный в активном иле класс ресничных инфузорий (**Ciliata**). Они обладают постоянной формой тела и весьма сложным строением, движутся при помощи ресничек. Делятся на три подкласса: равноресничные (**Holotricha**) – все тело покрыто ресничками (рис. 9П); спиралересничные (**Spirotricha**) – на теле реснички расположены неравномерно, имеется околоротовая спираль ресничек (рис. 10П); круглоресничные (**Peritricha**) – также имеют околоротовую спираль, но на теле ресниц нет, прикреплены к субстрату при помощи стебелька (рис. 11П). Первые два подкласса называются свободноплавающими, а третий – прикрепленными инфузориями.

В активном иле присутствуют также более сложно организованные представители микрофауны, такие, как колелатки (**Rotatoria**) (рис. 12П), круглые черви (рис. 13П) и малощетинковые черви (рис. 14П).

Бактериям принадлежит ведущая роль в переработке растворенных органических веществ. Простейшие же, поедая бактерии, играют роль санитаров. Вместе с тем, питаясь тонкодиспергированными взвешями, способствуют осветлению жидкости и, до известной степени, ограничению количества бактерий. В осветлении жидкости участвуют и другие представители биоценоза. Кроме того, простейшие выполняют функцию индикаторов. По развитию тех или иных форм можно судить о качестве очистки сточной воды и кислородном режиме в аэрационном сооружении, что является важнейшим условием жизнедеятельности микроорганизмов.

О качестве работы аэротенка можно судить по составу биоценоза активного ила при различных режимах работы аэротенка.

Удовлетворительно работающий ил характеризуется большим разнообразием простейших по видовому составу при небольшом количественном преобладании какого-либо из видов. Редко встречаются жгутиковые и мелкие амёбы. Постоянно присутствуют брюхоресничные и круглоресничные инфузории. Бактерии находятся преимущественно в зооглейных скоплениях в виде узких плотных тяжёлых или древовидно-разветвленных лопастей. Все организмы достаточно подвижны в оживленном состоянии.

Хлопок ила плотный, компактный. Ил быстро оседает. Вода над илом прозрачная.

Голодающий ил образуется при низкой концентрации органических веществ в сточной жидкости, а также при чрезмерно продолжительной аэрации иловой смеси. В таких илах наблюдаются мелкие размеры простейших, организмы становятся прозрачными, их пищеварительные вакуоли исчезают, частично инфузории превращаются в

цисты. Зооглеи и хлопья ила прозрачны. Вода над илом имеет мелкую неоседающую муть.

Перегруженный ил получается в случае, если активный ил не справляется с поступающими загрязнениями. Биоценоз ила характеризуется малым разнообразием видов при количественном преобладании двух-трех из них. В этих илах наблюдается большое количество бесцветных жгутиковых, мелких амёб **Zionotus** и других мелких инфузорий. Иногда в перегруженных илах в заметных количествах присутствуют **Podophrya fixa**, **Chilodon**, **Vorticella microstoma opercularia**, нитчатые бактерии. Ил загрязнен разнообразными включениями: органическими аморфными частицами, мусором. Хлопья ила темные, плотные. Вода над илом – с опалесценцией.

При недостатке растворенного кислорода вортицеллы отрываются от стебелька и образуют особую свободноплавающую форму «телотрех» с венчиком ресничек на заднем конце, с замкнутым ресничным диском, неподвижную. Коловратки неподвижные, застывшие в вытянутом состоянии, отмирающие. В иле наблюдается большое количество разнообразных жгутиковых: из инфузорий преобладает **Paramalium caudatum**, очень выносливая форма к недостатку кислорода, способная оживленно плавать даже в гниющем иле. Во взвешенном состоянии присутствуют в большом количестве бактерии. Хлопья ила распадаются, а вода над илом мутнеет.

Неадаптированный к промстокам активный ил либо ил при сбросе промстоков характеризуется уменьшением разнообразия видов, преобладают один – два. Организмы измельчены, реснички инфузорий неподвижны, ресничный диск **Opercularia** замкнут, в иле преобладают коловратки и черви. Ил мелкий, загрязнен включениями промстоков, осаждаются плохо, а вода над илом мутнеет.

Во вспухающем иле наблюдается массовое развитие нитчатых бактерий и грибов, которые вытесняют зооглейные скопления бактерий. Нитчатые и грибы являются хорошими минерализаторами, однако эффект очистки снижается. Это вызывается тем, что вид бактерий обладает очень развитой поверхностью, что способствует плохому оседанию активного ила и выносу его из вторичного отстойника.

Оценка состояния активного ила проводится по трем признакам:

1. Качество хлопка активного ила. Хлопок может быть крупным и плотным, может быть более мелким и раздробленным, но не должен содержать непереработанных включений. Появление включений свидетельствует об ухудшении работы аэротенка.

2. Микрофлора. При работе аэротенка на полную очистку в жидкости присутствуют в небольшом количестве свободноплавающие

мелкие подвижные палочки. Появление крупных палочковидных и извитых бактерий обычно связано с ухудшением качества очистки. Нитчатые бактерии в небольшом количестве не влияют на качество активного ила, но при этом всегда есть опасность вспышки их развития. Грибы в аэротенке, как правило, отсутствуют.

3. Микрофауна. При хорошей работе аэротенка в нем преобладают инфузории с сильно развитым околоротовым полем **Euplotes**, **Aspidisca**, **Oxytricha**, **Stylonychia** и другие спиралересничные, а также круглоресничные, имеющие большую площадь околоротового диска. Среди прикрепленных инфузорий при хорошей очистке преобладают воронковидные, а при плохой – кувшинообразные.

Реактивы и оборудование:

- 1) микроскоп имерсионный МБИ-3, МБР-3;
- 2) набор пипеток, в том числе пипеток диаметром 3–4 мм с откалиброванной каплей;
- 3) цилиндры, $V = 50$ мл, и пробирки, $V = 25$ мл;
- 4) осветитель к микроскопу ОМ-20;
- 5) груши резиновые, малые (для пипеток);
- 6) покровные стекла;
- 7) предметные стекла;
- 8) осмиевая кислота, 1 %-й водный раствор (пары осмиевой кислоты очень ядовиты, поэтому для приготовления раствора вскрытую ампулу сразу бросают в склянку и доливают отмеренное количество дистиллированной воды, хранят в темной склянке с хорошо притертой пробкой и притертым колпачком);
- 9) йод, 0,3 %-й водный раствор, для микроскопирования жгутиковых;
- 10) глицерин для микроскопирования червей и коловраток;
- 11) спирт этиловый 96 %-й для фиксации организмов.

Порядок и методика проведения анализа

Отбор проб активного ила на анализ берут отдельно из каждого сооружения: аэротенка, регенератора, вторичного отстойника. Жидкую пробу переливают в широкогорлую банку, заполняют ее на половину объема и не закрывают пробкой. Немедленно переносят в лабораторию и приступают к анализу не позднее чем через 20–30 минут с момента взятия пробы (в течение 1–2 часов пробу, не закрытую пробкой, можно хранить в холодильнике). Тотчас после доставки проб из аэрационных сооружений в лабораторию отливают из каждой пробы 100 мл в цилиндр для определения объема ила через 30 минут отстаивания и

дозы ила по весу. Одновременно наливается проба иловой смеси в стерильные пробирки в количестве 10–20 мл для отделения активного ила от очищаемой жидкости. После 2–3-минутного отстаивания образцы активного ила подвергаются микроскопированию.

Техника микроскопирования проб активного ила

Пипеткой отбирают 2–3 мл активного ила из пробирки, затем каплю свежего ила наносят на стерильное предметное стекло и покрывают стерильным покровным стеклом. Обычно на одно предметное стекло помещают 2–3 капли ила. Предметное стекло устанавливают на предметный столик микроскопа и просматривают под микроскопом. Для лучшей четкости изображения не следует сильно открывать диафрагму микроскопа. Удобнее пользоваться объективом с малым увеличением, а окуляром – с большим. Рекомендуется просматривать до 3-х препаратов, используя два предметных стекла.

При микроскопировании отмечают вицы микроорганизмов, их физиологическое состояние, структуру ила, наличие зооглей, включение минеральных органических частиц и мусора.

При определении видов организмов надо детально рассмотреть их внутреннее строение, поэтому их делают неподвижными, применяя фиксацию. В качестве фиксатора используют пары осмиевой кислоты. Чтобы зафиксировать препарат, на предметное стекло наносят маленькую каплю жидкости с простейшими, стекло быстро переверачивают каплей внутрь склянки с раствором осмиевой кислоты и выдерживают в течение нескольких секунд плотно прижатым к горлышку склянки. Затем рассматривают препарат под покровным стеклом при большом увеличении.

Жгутики **Flagellama** хорошо видны в растворе йода. Следя под микроскопом за тем, чтобы простейшие оставались в поле зрения, протягивают под покровным стеклом полоски фильтровальной бумаги, смоченной реактивом.

Чтобы остановить или замедлить движение коловраток к капле воды с живыми коловратками на предметном стекле, добавляют каплю глицерина, осторожно и тщательно перемешивают концом препаровальной иглы, покрывают покровным стеклом и просматривают под микроскопом. Количество глицерина определяют опытным путем при двух-трехкратном повторении указанной процедуры.

Остановить движение крупных инфузорий также можно, подсушивая каплю, покрытую стеклом, луч света которого зеркалом микроскопа направляется на предметный стол микроскопа.

Форма отчетности

Результаты микроскопирования проб заносятся в тетрадь, в которой отмечаются следующие сведения:

- 1) скорость оседания хлопка (быстро, медленно);
- 2) цвет активного ила (бурый, черный, белесый и т.д.);
- 3) вода над илом (прозрачная, мутная, окрашенная);
- 4) плотность и размер хлопка ила (плотный, раздробленный, крупный, мелкий);
- 5) наличие посторонних включений;
- 6) состав гидробионтов и их рисунки (при выполнении рисунков простейших можно воспользоваться приведенными в прил. 1 фотографиями отдельных видов);
- 7) наличие грибов и нитчатых бактерий;
- 8) наличие свободноплавающих бактерий (много, мало);
- 9) преобладающие формы бактерий (мелкие палочки, крупные палочки, спириллы и т.д.).

Пункты 4–6 рассматриваются при малом увеличении (окуляр 10х или 15х, объектив 8х); 7, 8 и 9 – при большом (окуляр 10х или 15х, объектив 40х).

В заключение необходимо дать оценку состояния активного ила, его способности переработать органические загрязнения.

Лабораторная работа 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДКА ПЕСКОЛОВОК

Цель работы – определить влажность, зольность, плотность, содержание песка в осадке песколовок и фракционный состав песка.

Отбор проб осадка песколовки для анализов

Пробу осадка отбирают из действующей песколовки. Конструкция и ее размеры, расход сточных вод Q_w , скорость течения сточной воды V , глубина потока и время работы песколовки должны быть известны. Отбор пробы для анализа производят или из емкости, в которую выгружается осадок, или непосредственно из песколовки. Перед отбором пробы измеряют количество осадка в песколовке. При отборе пробы непосредственно из песколовки снимают профиль выпавшего осадка по длине песколовки с помощью специального шеста с делениями и определяют объем осадка. Пробы осадка отбирают в нескольких сечениях по длине песколовки с помощью батометра. Из отобранных проб составляют средневзвешенную (пропорционально слою) пробу осадка. Полученную пробу тщательно перемешивают для обеспечения однородности. Затем из нее отбирают две пробы для анализов: одну для определения влажности W и зольности осадка Z , другую – для определения плотности ρ , содержания песка в осадке и фракционного состава песка Φ .

1. Определение влажности и зольности осадка

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровая чашка;
- 2) водяная баня;
- 3) сушильный шкаф;
- 4) технические весы;
- 5) муфельная печь.

Порядок и методика проведения анализа

Фарфоровую чашку взвешивают на технических весах и помещают в нее около 200 г осадка. Чашку с осадком вновь взвешивают и ставят для просушивания на водяную баню. После этого чашку с осадком ставят для окончательного просушивания в сушильный шкаф, в котором поддерживается постоянная температура 105 °С. Для определения зольности

чашку с сухим осадком помещают на несколько часов в муфельную печь для прокаливания при температуре 800 °С.

Массу сухого осадка определяют как разность массы чашки с сухим осадком и массы пустой чашки.

Количество влаги, содержащейся в осадке, определяют как разность масс влажного C_2 , г, и сухого C_1 , г, осадков. Масса влаги, выраженная в процентах от массы осадка, представляет собой его влажность W , %, и определяется по формуле

$$W = [(C_2 - C_1)/C_2] \cdot 100 \%$$

Массу золы C_3 , г, определяют как разность массы чашки с прокаленным осадком и массы пустой чашки. Зольность (Z) – это масса золы, выраженная в процентах от массы сухого осадка, определяемая по формуле

$$Z = (C_3/C_1) \cdot 100 \%$$

2. Определение плотности осадка

Материалы и оборудование:

- 1) цилиндр емкостью 500 см³;
- 2) технические весы.

Порядок и методика проведения анализа

Цилиндр емкостью 500 см³ взвешивают на технических весах и помещают в него осадок, встряхивая цилиндр после каждого добавленного осадка. Цилиндр, заполненный осадком до метки 500 см³, вновь взвешивают. Разность масс цилиндра с осадком и пустого цилиндра, увеличенная в 2 раза, дает массу осадка в 100 см³.

3. Определение содержания песка в осадке

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровые чашки – 4 шт.;
- 2) сушильный шкаф;
- 3) сита с ячейками размерами 3 и 1,5 мм;
- 4) водяная баня;
- 5) муфельная печь;
- 6) технические весы.

Порядок и методика проведения анализа

Осадок, изъятый из цилиндра, разбавляют водой и процеживают через сита с ячейками размерами 3 и 1,5 мм. Крупный песок и органические включения, оставшиеся на ситах, переносят в две фарфоровые чашки и осторожно отмывают песок водой от органических веществ. Отмытый песок переносят в большую фарфоровую чашку. К осадку, прошедшему через сита, добавляют воду, а затем сливают ее. Слив воды производят так, чтобы с водой не удалялся самый мелкий песок. Со сливаемой водой из осадка вымываются все органические примеси. Отмытый песок также переносят в большую фарфоровую чашку. После просушивания песка на водяной бане или электрической плитке чашку с песком ставят в сушильный шкаф для окончательного просушивания. Затем чашку с высушенным песком помещают на несколько часов в муфельную печь для прокаливания. Прокаленный песок взвешивают на технических весах.

Содержание песка в сухом осадке C_c , %, определяют как отношение массы песка к массе сухого вещества в 500 см^3 осадка:

$$C_c = [C_{500}(100 - W)]/100,$$

где C_{500} – масса сухого вещества в 500 см^3 осадка;

W – влажность осадка, %.

4. Определение фракционного состава песка

Материалы и оборудование:

- 1) сита с размерами ячеек 1; 0,5; 0,25; 0,14 и 0,09 мм;
- 2) технические веса.

Порядок и методика проведения анализа

Определение производят методом ситового анализа. Прокаленный песок просеивают через последовательный ряд сит с размерами ячеек 1; 0,5; 0,25; 0,14 и 0,09 мм, закрепленных на вибрационном столе. Песок, оставшийся на каждом сите, взвешивают на технических весах. Содержание песка определенных фракций в анализируемом осадке определяют как отношение массы песка на каждом сите к суммарной массе песка, выраженной в процентах.

В заключение работы, анализируя результаты измерений при определении плотности, фракционного состава песка и содержания его в осадке, дают технологическую оценку работы песколовки, из которой был взят осадок для исследования.

Лабораторная работа 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы – определить зольность, плотность, удельное сопротивление и концентрацию взвешенных веществ осадка.

Состав и свойства осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод, зависят от конкретного образования сточных вод, вида промышленного производства, метода очистки и условий эксплуатации очистных сооружений. Основные свойства, характеризующие осадок, – влажность, зольность, плотность (объемная масса), концентрация взвешенных веществ и удельное сопротивление.

Методика определения влажности осадка изложена в лабораторной работе 2 настоящего лабораторного практикума.

1. Определение зольности осадка

Материалы и оборудование:

- 1) фарфоровая чашка;
- 2) сушильный шкаф;
- 3) муфельная печь;
- 4) технические весы;
- 5) аналитические весы;
- 6) эксикатор.

Порядок и методика проведения анализа

В фарфоровую чашку, предварительно прокаленную и взвешенную на аналитических весах, наливают около 100 мл хорошо перемешанного осадка, затем осадок выпаривают на водяной бане и сушат в сушильном шкафу 30 мин при температуре 105 °С, охлаждают в эксикаторе и вновь взвешивают на аналитических весах. Высушенный осадок в чашке помещают в муфельную печь и в течение 20 мин прокаливают при температуре 800 °С. После этого чашку охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Зольность осадка (Z), %, определяется по формуле

$$Z = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \cdot 100 \%,$$

где m_1 – масса чашки с прокаленным осадком, г;

m_2 – масса пустой чашки, г;

m_3 – масса чашки с навеской высушенного осадка, г.

Зольность характеризует содержание минеральных примесей в осадке.

2. Определение плотности осадка

Материалы и оборудование:

- 1) технические весы;
- 2) мерный цилиндр емкостью 200 см³.

Порядок и методика проведения анализа

Плотность осадка ρ , кг/м³, характеризует массу единицы его объема и выражается отношением массы всех составных компонентов осадка к его объему. Плотность осадка определяется по формуле

$$\rho = m/V,$$

где m – масса осадка со всеми включениями, кг;

V – объем осадка, м³.

В мерный цилиндр, предварительно взвешенный на технических весах, выливают осадок и определяют его объем (примерно 200 см³), а также вес цилиндра с осадком (на технических весах). Массу осадка со всеми включениями определяют как разность массы цилиндра с осадком и массы пустого цилиндра. Получив эти данные, вычисляют плотность осадка.

3. Определение взвешенных веществ осадка

Концентрация взвешенных веществ – количество твердых частиц сухого и растворенного вещества в 1 м³ осадка. Концентрацию взвешенных веществ осадка C , кг/м³, определяют по формуле

$$C = [(100 - W) \cdot \rho] / 100,$$

где W – влажность осадка, %;

ρ – плотность осадка, кг/м³.

4. Определение удельного сопротивления осадка

Материалы и оборудование:

- 1) модель вакуум-фильтра;
- 2) секундомер;
- 3) мерные цилиндры.

Порядок и методика проведения анализа

Определение удельного сопротивления осадка осуществляют на лабораторном стенде, представленном на рис. 5, который включает в себя воронку 2 со съемной перфорированной решеткой, мерный цилиндр 1 вместимостью 100–250 см³, предназначенный для сбора и замера фильтрата, емкость 4 для сбора фильтрата, ресивер 6 вместимостью 0,5–1 л и вакуум-насос 8. Для измерения величины вакуума служит вакуумметр 5. Все элементы установки соединены между собой вакуумными шлангами 7 с запорными кранами 3. Воронка и съемная решетка изготовлены из оргстекла. Решетка служит опорой для фильтрующей ткани и должна иметь живое сечение, равное живому сечению опорной поверхности производственного вакуум-фильтра.

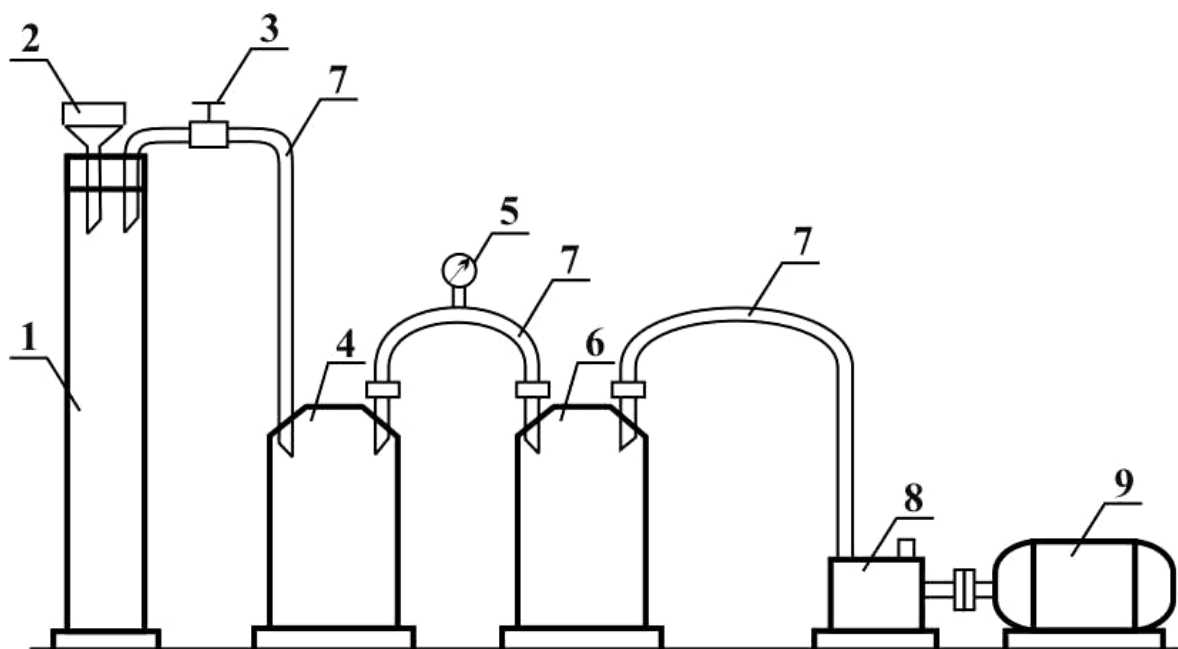


Рис. 5. Лабораторный стенд для определения удельного сопротивления осадка:

1 – мерный цилиндр; 2 – воронка; 3 – кран; 4 – емкость для сбора фильтрата; 5 – вакуумметр; 6 – ресивер; 7 – вакуумный шланг; 8 – вакуум-насос; 9 – электродвигатель

При определении удельного сопротивления осадка фильтровальная ткань не должна набухать, поэтому используют фильтроткань, бывшую в употреблении. Вначале ее смачивают, наливая в воронку 10–15 см³ чистой воды, затем просушивают, включив на короткое время вакуум-насос. Осадок, предназначенный для анализа, тщательно перемешивают и выливают в воронку 2. Кран 3 закрывают. Включают вакуум-насос, устанавливают заданное значение вакуума, контролируя его вакуумметром, открывают кран 3. Происходит частичное смещение значения вакуума. С установлением заданного вакуума включают се-

кундомер и записывают отсчет начального объема фильтрата в цилиндре 1. Затем опыт проводят при постоянном вакууме, который достигается регулированием крана вакуумметра.

В начале опыта отсчеты делают через 10–15 с, а с замедлением скорости фильтрации промежутки времени между отсчетами увеличивают до 60–120 с. Опыт длится не более 15–20 мин. С прекращением поступления фильтрата или с появлением трещин в осадке выключают секундомер и вакуум-насос, записывают объем фильтрата и время окончания опыта.

Удельное сопротивление осадка r , см/г, определяют по формуле

$$r = \frac{2PF^2b}{\mu C},$$

где P – вакуум, при котором происходит фильтрация, гс/(см·м²);

F – площадь фильтрующей поверхности, см²;

μ – вязкость фильтрата, г/(см·с);

C – концентрация осадка, г/см³;

b – параметр, зависящий от условий опыта, с/см⁶, определяется по формуле

$$b = \frac{t/V}{V},$$

где t – продолжительность фильтрации, с;

V – объем образующегося фильтрата, см³.

Полученные данные записываются в табл. 4.

Параметр b можно определить по графику, построенному в координатах: $x = V$; $y = t/V$ и схематично изображенному на рис. 6.

В этом случае b представляет собой тангенс угла наклона прямой к абсциссе.

Обычно удельное сопротивление осадка вычисляют при постоянных значениях F , μ , P . Обозначив

$$2PF^2/\mu = k,$$

формулу для определения удельного сопротивления осадка преобразуют в следующую:

$$r = kb/C.$$

Таблица 4

Основные параметры для определения удельного сопротивления осадка

Продолжительность фильтрации t , с	Последующий объем фильтрата V^1 , см ³	Объем фильтрата V , см ³	Отношение величин t/V
0	14	—	—
30	35	21	1,43
60	42	28	2,14
90	50	36	2,50
120	56	42	2,86
150	61	47	3,20
180	66	52	3,51
210	71	57	3,70
240	75	61	3,92
300	82	68	4,41
360	85	71	3,93

Рис. 6. График для определения параметра b

Таким образом, для определения удельного сопротивления осадка r необходимо в лабораторных условиях вычислить параметры b и C .

Удельным сопротивлением осадка называется сопротивление единицы массы осадка, приходящееся на единицу площади фильтра при определенном постоянном давлении.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Биоценоз активного ила аэротенков

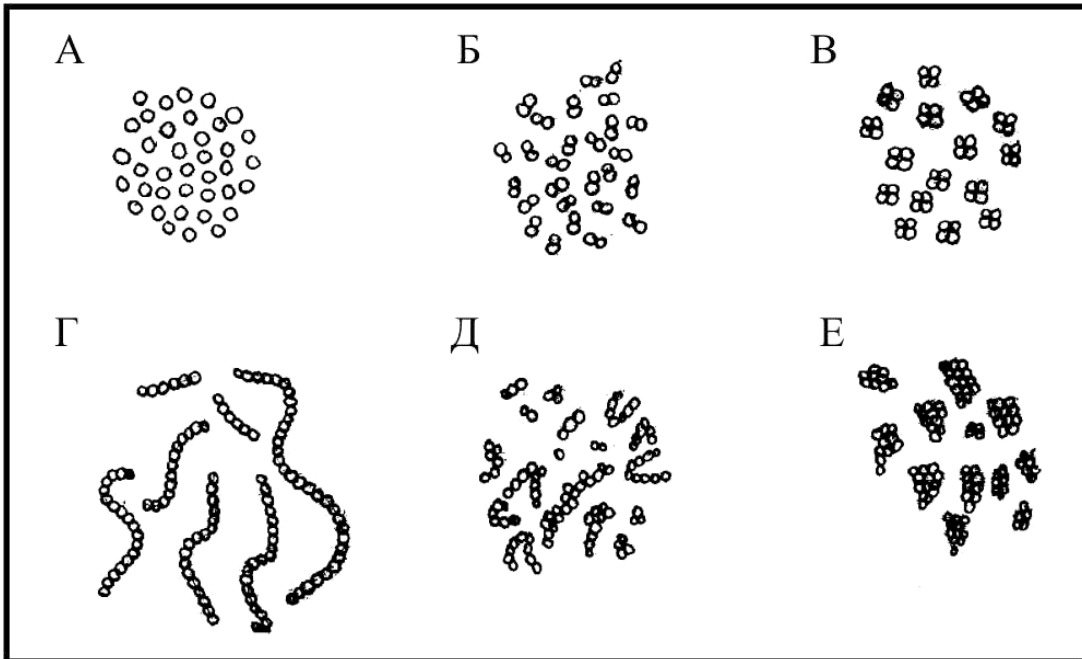


Рис. 1П. Шаровидные формы бактерий:
А – микрококки; Б – дилококки; В – тетракокки; Г – стрептококки;
Д – стафилококки; Е – сарцины

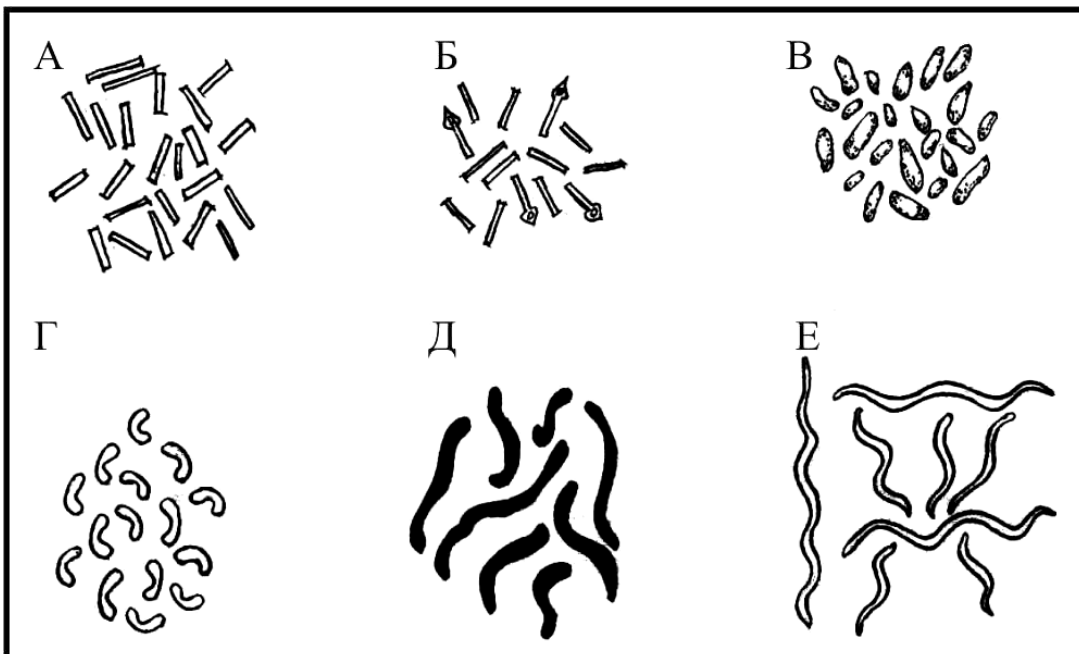


Рис. 2П. Палочковидные и извитые формы бактерий:
А – неспоровая палочка; Б, В – споровая палочка; Г – вибрионы;
Д – спириллы; Е – спирохеты

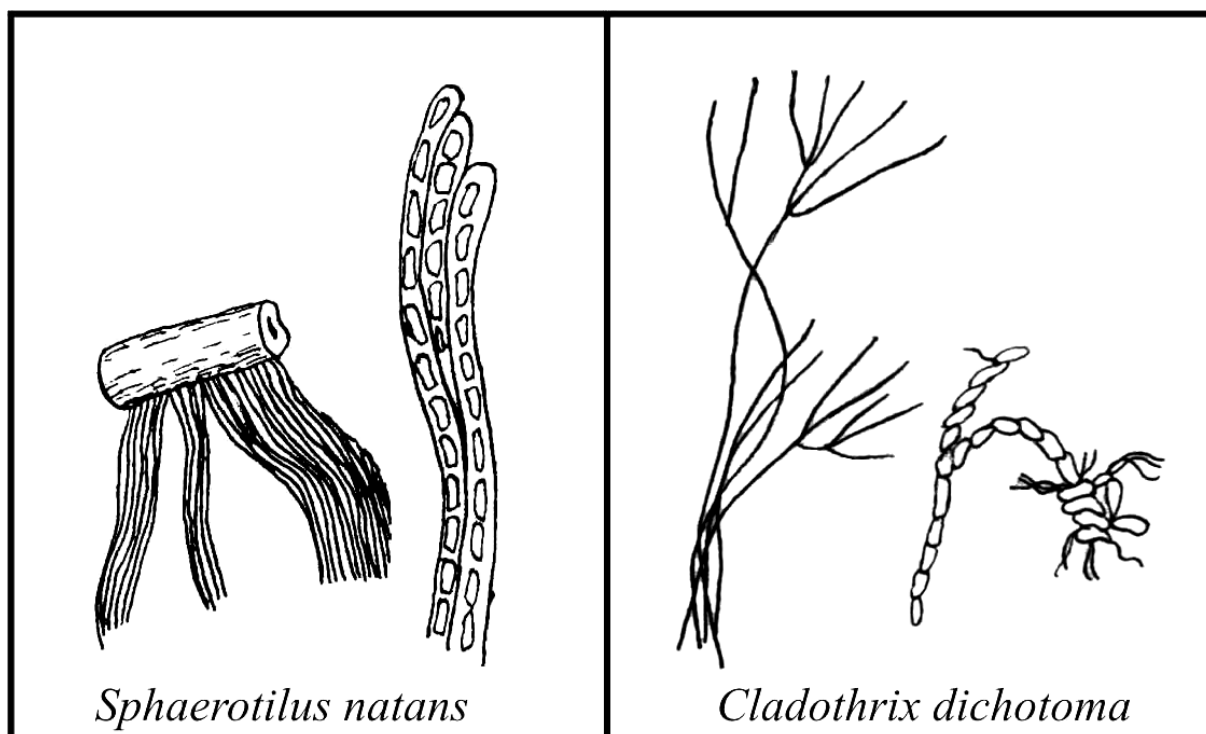


Рис. 3П. Нитчатые бактерии

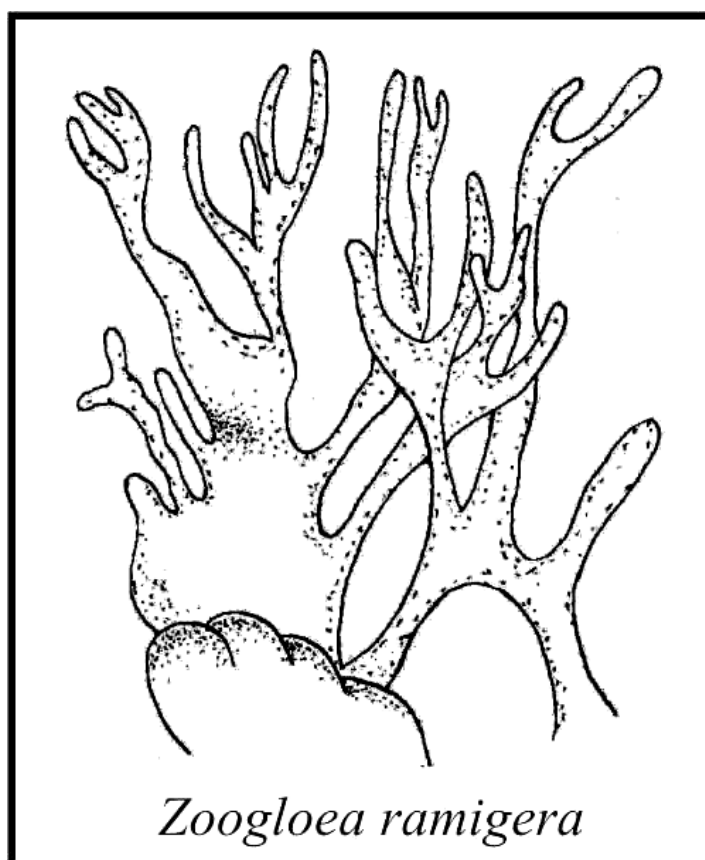


Рис. 4П. Зооглея рамигера

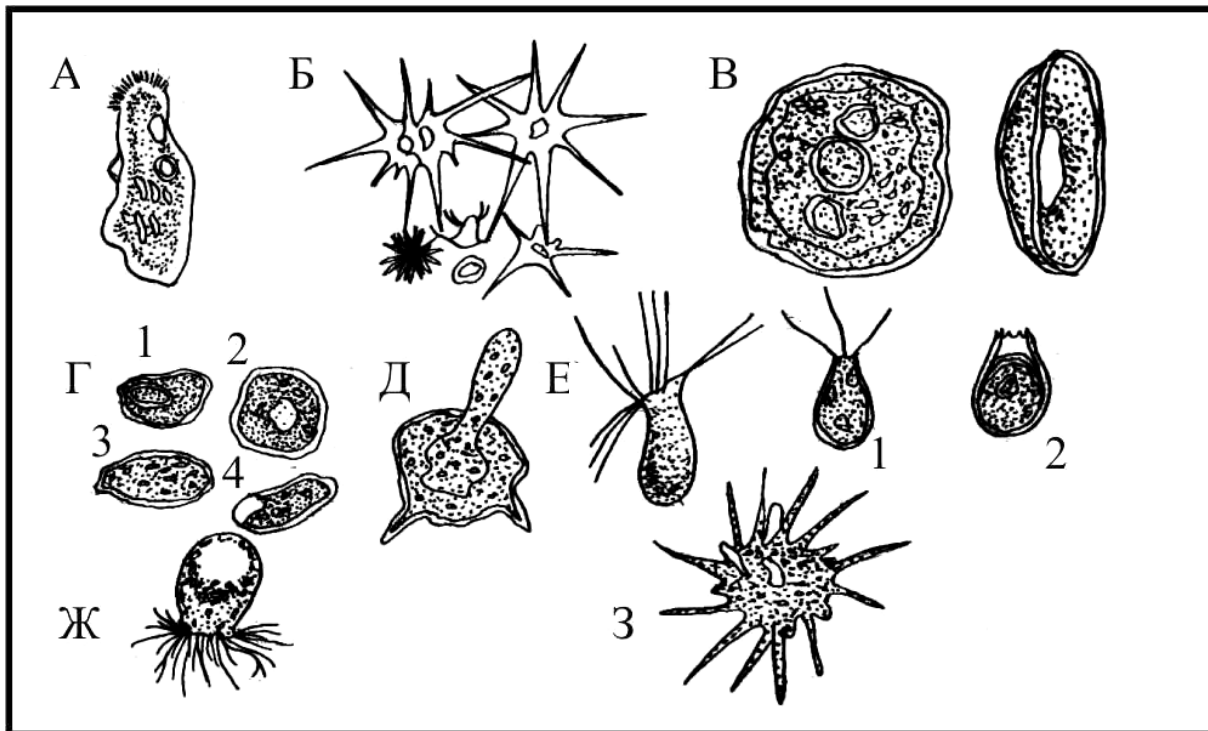


Рис. 5П. Простейшие (*Sarcodina*):

А – *Amoeba limax*; Б – *Amoeba radiosa* (различные состояния);
 В – *Arsella discoides*; Г – *Centropyxis laevigata* (1- раковина с цистой;
 2 – раковина с ротовым отверстием; 3– вид спереди; 4 – вид сбоку);
 Д – *Centropyxis aculeata*; Е – *Euglypha laevis* (1 – раковина с псевдоподиями;
 2 – раковина с цистой); Ж – *Pamphagus byalinus*;
 3 – *Actinophrus vesiculata*

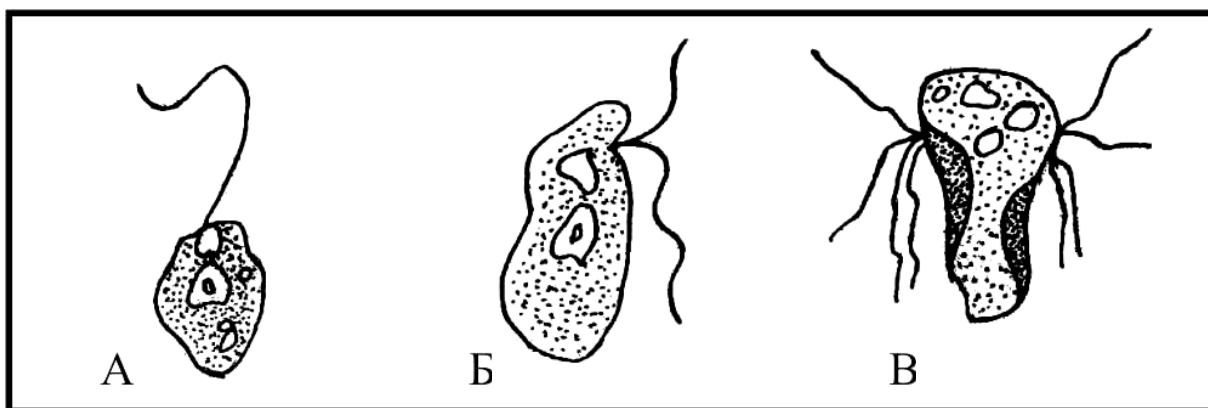


Рис. 6П. Простейшие (*Flagellata*):

А – *Oicomonas socialis*; Б – *Bodo*; В – *Trepomonas steini*

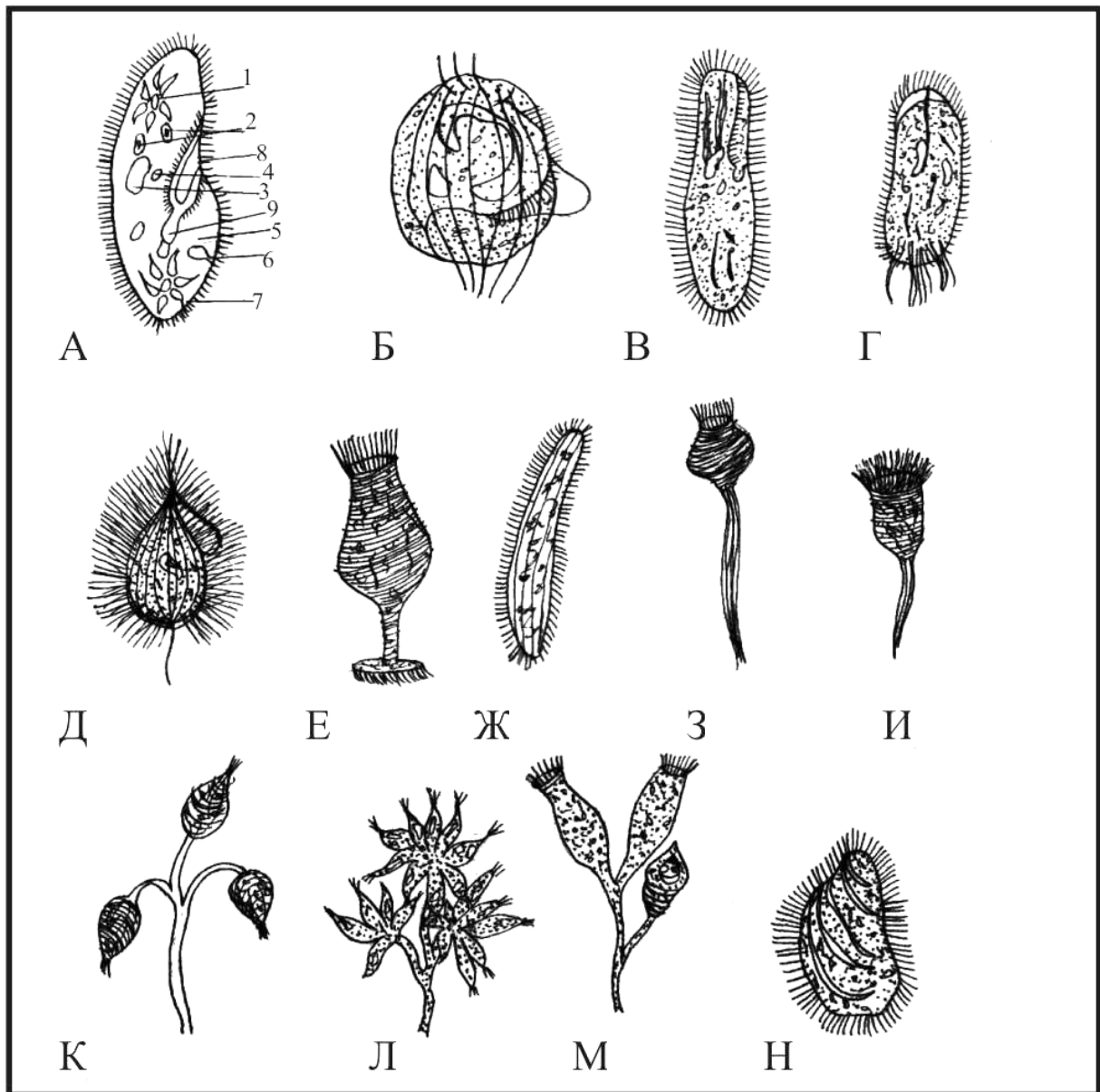


Рис. 7П. Ресничные инфузории (Ciliata):
 А – *Paramecium caudatum* (1 – сократительная вакуоль;
 2 – пищеварительная вакуоль; 3 – большое ядро; 4 – малое ядро;
 5 – цитоплазма; 6 – порошица; 7 – реснички; 8 – ротовой желобок;
 9 – глотка); Б – *Aspidisca costata*; В – *Oxytricha pellionella*;
 Г – *Stylonychia pustulata*; Д – *Cyclidium glaucoma*; Е – *Rhabdostyla ovum*; Ж –
Lionotus lamella; З – *Vorticella microstoma*; И – *Vorticella convallaria*; К –
Opercularia coarctata; Л – *Opercularia glomerata*;
 М – *Epistylis plicatilis*; Н – *Cinetochilum margaritaceum*

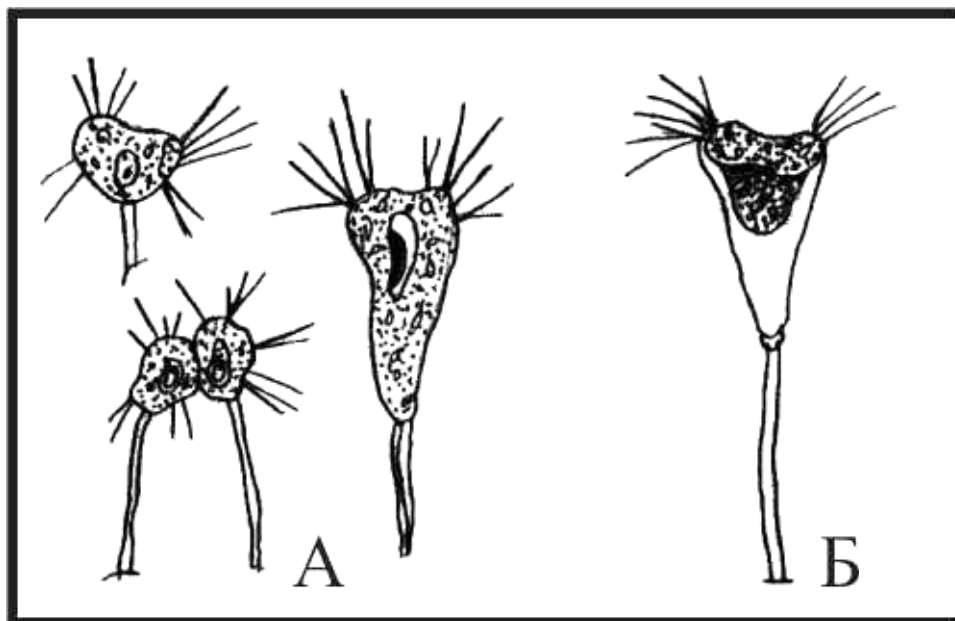


Рис. 8П. Сосущие инфузории (Suctoria):
А – Tokophryalemnarum; Б – Acineta nava

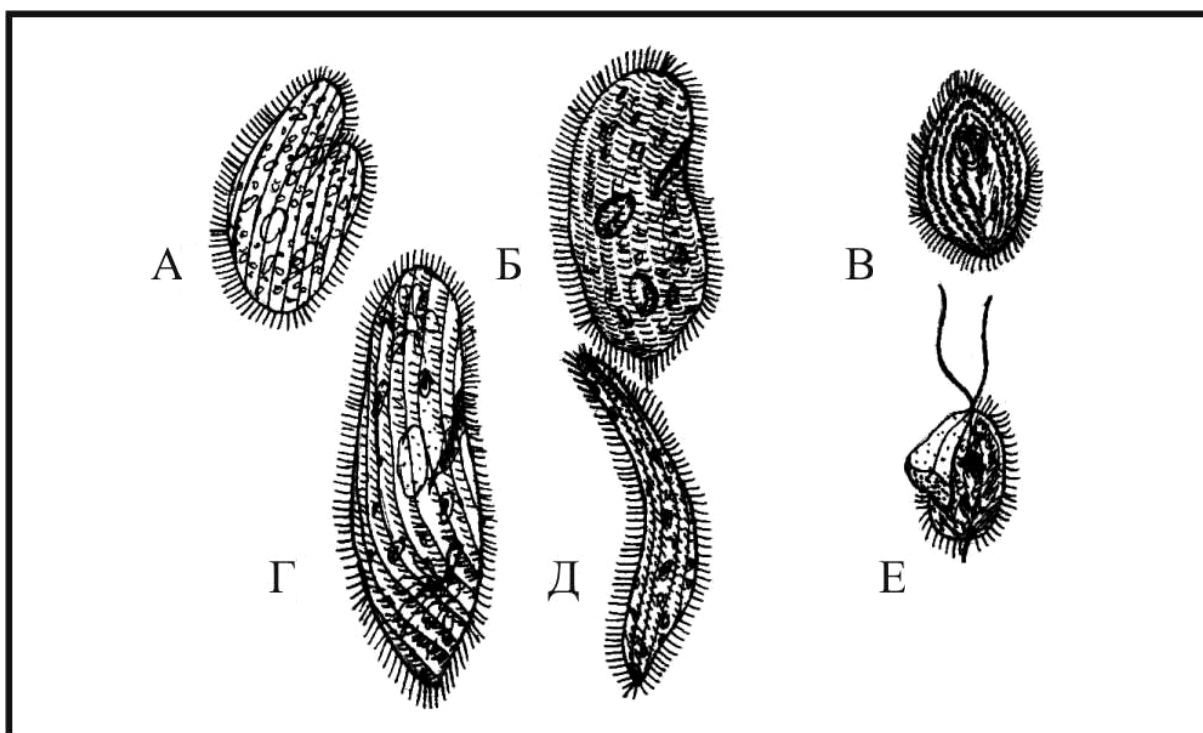


Рис. 9П. Равноресничные инфузории:
А – Colpoda steini; Б – Colpidium colpod; В – Claucoma scitillas;
Г – Paramecium caudatum; Д – Litonotus; Е – Cyclidium

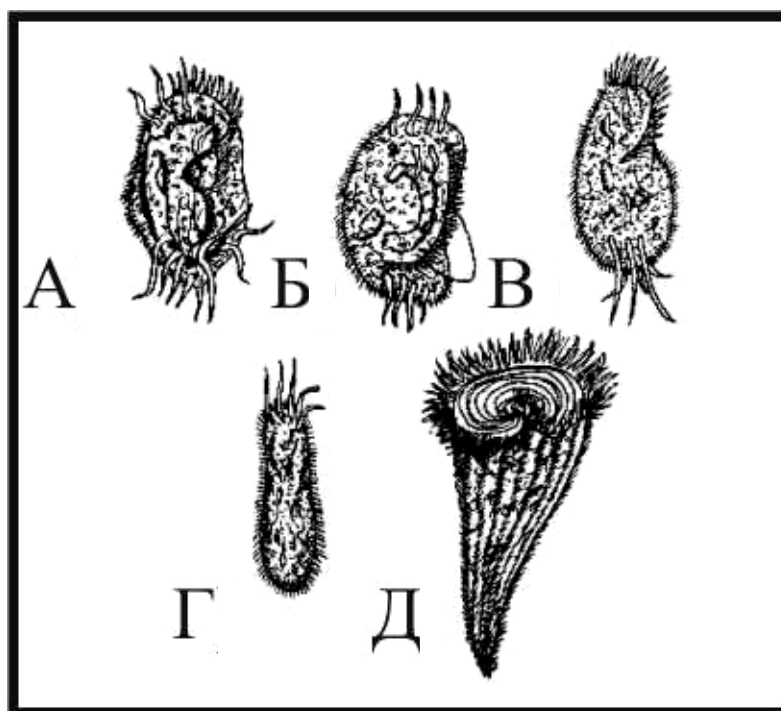


Рис. 10П. Спиралересничные инфузории:
А – *Euplotes*; Б – *Aspidisca*; В – *Stylonychia*; Г – *Oxytricha*; Д – *Stentor*

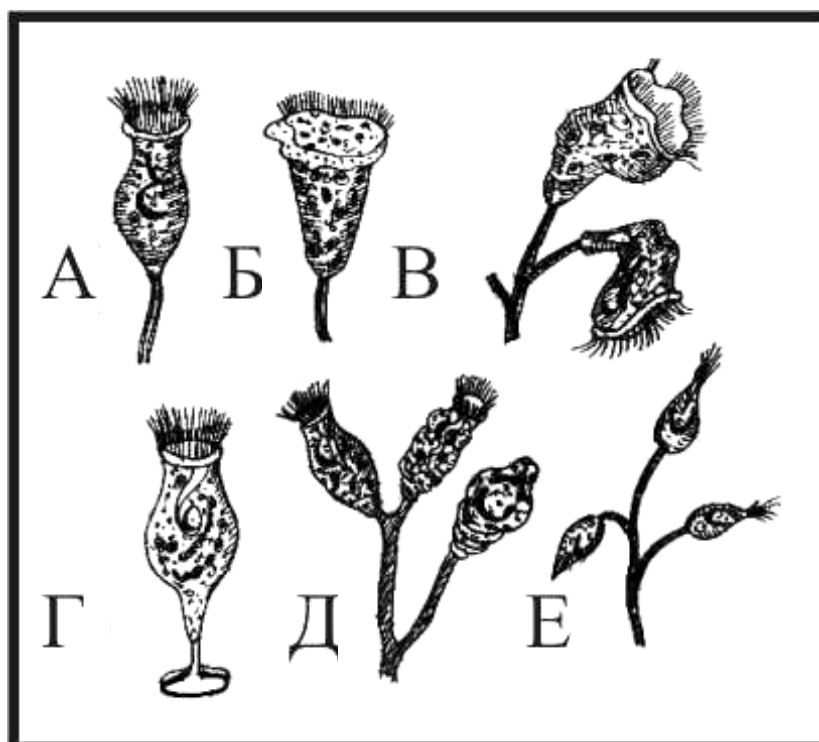


Рис. 11П. Круглоресничные инфузории:
А – *Vorticella microstoma*; Б – *Vorticella convallaria*; В – *Carchesium polypinum*; Г – *Epistylis plicatilis*; Д – *Rhabdostula ovum*;
Е – *Opercularia coarctata*

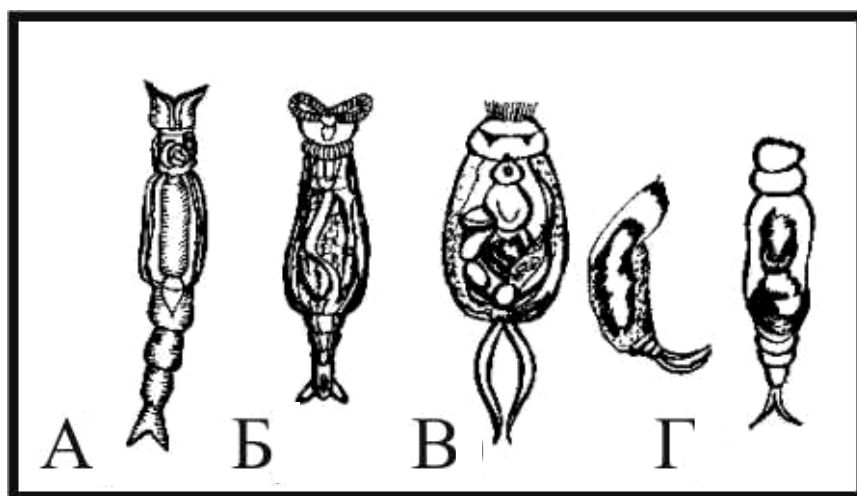


Рис. 12П. Коловратки:
А – *Philodina roseola*; Б – *Callidina vorax*; В – *Cathypna luna*;
Г – *Notommata ansata*



Рис. 13П. Нематода (*Nematoda*)



Рис. 14П. Аэлозома (*Aeolosoma*)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, А.Я. Карелин, Ю.М. Ласков [и др.]. – М.: Стройиздат, 1996.
2. Водоотводящие системы промышленных предприятий [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.М. Ласков, Я.А. Карелин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990.
3. Возная, М.Ф. Химия воды и микробиология [Текст] / М.Ф. Возная. – М.: Высшая школа, 1979.
4. Воскресенский, П.И. Техника лабораторных работ [Текст] / П.И. Воскресенский. – Л.: Химия, 1970.
5. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды [Текст] / Э.К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1978.
6. Дополнительный перечень ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов к приложению №3 «Правила охраны поверхностных вод», №№1–9, утвержденный Главрыбводом; №№30–11–22, 1983–89. – М.: ВНИИВО, 1990.
7. Карюхина Т.А. Контроль качества воды [Текст] / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. – М.: Стройиздат, 1986.
8. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод [Текст] / Ю.М. Ласков, В.И. Калицун, Ю.В. Воронов [и др.]. – М.: Стройиздат, 2000.
9. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод [Текст] / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973.
10. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации [Текст]. – М.: Стройиздат, 1977.
11. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. МДК 3-01.2001 / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002.
12. 2183-80 Методические указания по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – М.: Минводхоз СССР, 1982.
13. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Текст]. – М.: Минводхоз СССР, 1982.
14. СНиП 2.04.03–85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.: ГУП ЦПП, 2002.
15. Состав и свойства сточных вод. Микробиология активного ила [Текст]: методические указания / В.А. Алымов, И.И. Шпилева, Н.С. Ефимова. – Пенза, 1980.
16. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий [Текст] / под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981.
17. Яковлев, С.В. Канализация [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.М. Ласков. – М.: Стройиздат, 1987.
18. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
19. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Минздрав России, 2003.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа 1	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ, СУХОГО И ПРОКАЛЕННОГО ОСТАТКОВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ	4
1. Определение концентрации взвешенных веществ	5
2. Определение сухого плотного остатка	6
3. Определение концентрации прокаленного остатка	7
4. Зольность взвешенных веществ	8
Лабораторная работа 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ИССЛЕДУЕМОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ, ХПК И ВЛАЖНОСТИ ОСАДКА.....	9
1. Определение химической потребности в кислороде экспресс-методом	10
2. Определение влажности осадка.....	11
3. Определение относительной стабильности сточных вод.....	12
Лабораторная работа 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗЫ, ЗОЛЬНОСТИ И ИЛОВОГО ИНДЕКСА АКТИВНОГО ИЛА	14
1. Доза активного ила по весу	15
2. Зольность активного ила	16
3. Иловый индекс	17
Лабораторная работа 4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ	18
Лабораторная работа 5	
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АКТИВНОГО ИЛА.....	24
Лабораторная работа 6	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДКА ПЕСКОЛОВОК	30
1. Определение влажности и зольности осадка.....	30
2. Определение плотности осадка	31
3. Определение содержания песка в осадке	31
4. Определение фракционного состава песка.....	32

Лабораторная работа 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД.....	33
1. Определение зольности осадка	33
2. Определение плотности осадка	34
3. Определение взвешенных веществ осадка	34
4. Определение удельного сопротивления осадка	34
ПРИЛОЖЕНИЕ. Биоценоз активного ила аэротенков.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	45

Учебное издание

Исаева Антонина Михайловна
Шпилева Ирина Ивановна
Тюриков Вячеслав Сергеевич

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Методические указания по выполнению лабораторных работ
Часть 1

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 12.12.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 2,79. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 307.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.