

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 15.02.2021 14:57:24  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2f0b51a3704377e116310e53604e

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного  
дела

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
О.Т. Доктионова  
« 15 » 12 (ЮЗГУ) 2017г.



**ЭКОЛОГИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Методические указания по выполнению практических работ  
для студентов по направлению подготовки(специальности)  
«Землеустройство и кадастры»  
«Городской кадастр»

УДК 618

Составители: А.А. Акульшин

Рецензент

Доктор технических наук, профессор Н.С. Кобелев

**Экология урбанизированных территорий:** Методические указания по выполнению практических работ для студентов по направлению «Землеустройство и кадастры», профиль «Городской кадастр» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Акульшин.- Курск, 2017.- 29 с.: рис. 3.- Библиогр.: с. 29.

Содержит основные сведения о правилах выполнения и оформления практических работ по дисциплине «**Экология урбанизированных территорий**». В работе даны рекомендации по решению практических вопросов охраны окружающей среды. Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры Э и УН, ГД протокол № \_\_ от «\_\_» 20\_\_ года.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», для профиля «Городской кадастр».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист

Уч.-изд.л. Тираж 100экз. Заказ

Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

Практическое занятие № 1. Расчет расхода реагента и реагентного хозяйства.	4
Практическое занятие № 2. Учет работы сооружений. Ведение технической документации.	9
Практическое занятие № 3. Измерение расхода жидкости в канализационных коллекторах.	18
Практическое занятие № 4. Электрокоагуляция.	
Практическое занятие № 5. Электрофлотация.	23
Практическое занятие № 6. Борьба со льдообразованием на решетках.	27
Список литературы	29

## Практическое занятие № 1

### Расчет расхода реагента и реагентного хозяйства.

Для удаления примесей в воду добавляют различные реагенты, тип которых принимается в зависимости от качества воды. При реагентном методе обработки воды для ускорения процесса ее осветления, в нее добавляют коагулянты, производят коагулирование. В качестве коагулянтов используют соли поливалентных металлов сильных кислот: сернокислый алюминий (глинозем)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ , сернокислое железо  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , железный купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и хлорное железо  $\text{FeCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , гидролизующиеся в определенных условиях с образованием трудно-растворимых оснований  $\text{Al}(\text{OH})_3$  или  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

В последнее время все более широко применяются новые коагулянты: алюминат натрия  $\text{NaAlO}_2$ , хлорид алюминия  $\text{AlCl}_3$ , дигидрохлорид  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ , пентагидрохлорид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_5\text{Cl}$ . Все они в контакте с водой переходят в  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

Весьма перспективным является распространенный электрохимический метод электрокоагуляции.

Интенсификация процесса водоочистки при добавлении коагулянтов достигается в результате ряда совместно протекающих коллоидно-химических реакций. Образующиеся при диссоциации коагулянта катионы многозарядных металлов сорбируются тонкодисперсными частицами глинистой и почвенной мути, что влечет за собой снижение отрицательного заряда частиц и тем самым облегчает их агломерацию в более крупные агрегаты. Гидролиз коагулянта сопровождается образованием в воде положительно заряженного золь гидроокиси, обладающего весьма развитой активной поверхностью, на которой адсорбируются частично или полностью потерявшие отрицательный заряд коллоидные и высокомолекулярные примеси обрабатываемой воды. Под влиянием содержащихся в воде анионов высокодисперсные частицы гидроокисей коагулируют (слипаются). Возможна также в определенных соотношениях взаимная коагуляция противоположно заряженных природных коллоидов воды и частиц коагулянта. Образующиеся хлопья быстро растут и, выпадая в осадок, увлекают взвешенные вещества. Необходимым условием полноты протекания гидролиза является связывание выделяющейся при гидролизе кислоты в малодиссоциированное

соединение, что требует наличия в воде определенного щелочного резерва (щелочности). Если щелочность воды недостаточна, гидролиз задерживается на промежуточной стадии и в осветленной воде появляются ионы алюминия или железа. В этом случае воду необходимо искусственно подщелачивать, необходимость в подщелачиваемости проверяют по формуле:

$$D_{щ} = e_{щ} (D_k / e_k - щ + 1) \quad (1)$$

где  $D_{щ}$ , доза щелочи, мг/л;  $e_{щ}$  – эквивалентная масса щелочи, равная для извести (CaO) – 28, для едкого натра (NaOH) – 40, для кальцинированной соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) – 53; Щ – минимальная щелочность обрабатываемой воды, мг-экв./л; для природных вод обычно равна карбонатной жесткости, I – резерв щелочности мг-экв/л; D

$D_k$  – доза коагулянта, мг/л;  $e_k$  – эквивалентная масса коагулянта (безводного) равная для Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> – 57, для Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> – 67, FeCl<sub>3</sub> – 54.

Если величину  $D_{щ}$  получают отрицательную, то воду подщелачивать не надо. Дозу коагулянта правильно можно установиться только на основании лабораторно пробного коагулирования.

Для ориентировочных расчетов при проектировании в случае мутных вод дозу коагулянта принимают по табл. I в зависимости от мутности воды M, а для цветности вод по формуле:

$$D_k = 4\sqrt{Ц} \quad (2)$$

где Ц - цветность обрабатываемой воды, град.

Дозы коагулянтов  
при обработке мутных  
вод (СНиП 2.04.02-84)

Дозы полиакриламида (СНиП  
2.04.02-84)

M, мг/л	D <sub>к</sub> , мг/л
До 100	25-35
101 - 200	30-45
201 - 400	40-60

Содерж ание взвешенных веществ, мг/л	Цветн ость град.	Доза безводного ПАА, мг/л
До 10	5	1,5-1
11-100	300- 100	1-0,6
1101- 500	20-60	0,6-0,4

600	401 -	45-70
800	601 -	55-80
1000	801 -	60-90
1400	1001 -	65-105
1800	1401 -	75-115
2200	1801 -	80-125
2500	2201 -	90-130

000	501 - 10	-	0,4-0,1
-----	----------	---	---------

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности принимается большая из доз коагулянта, определенных по табл. 1 или по формуле ( 1 ).

Для воды, содержащей грубодисперсную взвесь, назначают меньшие дозы коагулянта.

В отечественной практике водоочистки чаще всего в качестве коагулянта применяют соли алюминия. Вместе с тем железные коагулянты имеют ряд преимуществ: широкий интервал температуры и рН воды, в котором процесс коагуляции протекает удовлетворительно, хлопья гидроокиси железа в 1,5 раза тяжелее хлопьев гидроокиси алюминия и, следовательно, быстрее осаждаются, что позволяет уменьшить продолжительность отстаивания.

При гидролизе железного купороса образуется гидрат закиси железа  $Fe(OH)_2$ . Окисление  $Fe(OH)_2$  в  $Fe(OH)_3$  растворенным в воде кислородом протекает медленно в нейтральной или кислой среде. Поэтому в воду вводят известь или хлорируют.

Для интенсификации процесса коагуляции употребляют флокулянты, в качестве которых рекомендуется использовать полиакриламид (ПАА) и активную кремнекислоту (АК). Дозу полиакриламида принимают по табл. 2.

Дозу активной кремнекислоты принимаем в пределах 1 - 5 мг/л, в зависимости от цветности, мутности и температуры воды, а также места ввода флокулянта.

Для приготовления раствора коагулянта применяют специальные установки, в состав которых входят растворные и расходные баки, а также воздуходувки для перемешивания раствора реагентов. Емкость растворных баков, м<sup>3</sup>, определяют по формуле:

$$W_p = \frac{Q_4 * n * D_k}{10\ 000 * \gamma * \delta_p} \quad (3)$$

где  $Q_4$  - часовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч;

$D_k$  - максимальная доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, ч/м<sup>3</sup>;

$B_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворных баках, принимаемая в пределах 10 - 17 %;

$\gamma$  - плотность раствора коагулянта, принимаемая равной 1 т/м<sup>3</sup>;

$n$  - время, на которое заготавливают раствор коагулянта, ч.

Для станций производительностью до 1000 м<sup>3</sup>/сут. при круглосуточной работе  $n = 12 / 242$ , а при некруглосуточной работе оно равно числу часов работы станции в сутки; для станций производительностью 10000 м<sup>3</sup>/сут. и более  $n = 10 + 122$ .

Емкость расходных баков, м<sup>3</sup>, определяется по формуле 4.

$$W = \frac{W_p * B_p}{B} \quad (4)$$

где  $B$  - концентрация раствора коагулянта в расходных баках, принимаемая равной 4 - 10 % в пересчете на безводный продукт.

Раствор коагулянта пропускают самотеком из растворных в расходные баки и разбавляют водой до соответствующей концентрации. Количество расходных баков должно быть не менее двух, количество растворных баков принимают с учетом способа доставки и загрузки, вида коагулянта, а также времени его растворения.

Растворные и расходные баки выполняют обычно из железобетона обкладыванием внутренних стенок кислотоупорным кирпичам или кислотостойкой плиткой на кислотостойкой замазке. При расходе коагулянта до 0,5 м<sup>3</sup>/сут. растворные и расходные баки можно изготавливать из дерева.

Диаметр трубопровода для опорожнения и сброса осадка в водосток принимают не менее 150 мм.

При перемешивании раствора коагулянта путем барботирования сжатым воздухом диаметр

воздухораспределительных труб принимают по скорости движения в них воздуха 10 - 15 м/с, а число отверстий ( $d = 3 / 4$  мм), по скорости выхода из них воздуха 20 / 30 м/с

При этом расход воздуха определяют в зависимости от площади баков в плане и интенсивности его подачи, принимаемой в растворных баках: 3-10 л/м<sup>2</sup> х с и в расходных баках для перемешивания 3 - 5 л/м<sup>2</sup> х с. Для подачи воздуха применяют воздуходувки типа ВВН или ТВ.

Трубопровод, отводящий готовый раствор из расходного бака, следует располагать выше дна бака на 100 мм. Для перекачивания раствора реагента применяют кислотостойкие насосы типа ВХ, НД, ХД.

Раствор коагулянта дозируют в обрабатываемую воду при помощи дозаторов. Вводят его непосредственно в напорный трубопровод перед смесителем на расстоянии, равном 50 диаметрам трубопровода, или в смеситель.



Практическое занятие № 2.  
**Учет работы сооружений. Ведение технической документации.**

Технические паспорта на все действующие сооружения по  
форме (форма прилагается).

Технический паспорт.

---

(наименование эксплуатирующей организации)

---

(адрес, место расположения сооружений)

Бытовая, дождевая, общественная.  
(назначение сети подчеркнуть)

1 Общие сведения  
Протяженность сети, м

---

Максимальный расход, м<sup>3</sup>/с

---

в начале сети

---

в середине сет

---

в конце сети

---

Год постройки

---

Наименование проектной организации

---

Номер и шифр проекта, дата выпуска

---

Наименование строительной организации

---

Дата составления паспорта

---



			а м <sup>3</sup> /с	ость м <sup>3</sup> /с	ния	МЫХ участков	

### 6 Стоимостная характеристика

№ инве нтарн ый	Ад рес об ъек та	Г од вв од а	Техническая характеристика					Стои мост ь, руб.	Износ	
			Наиме нован ие	Мат ери ал	Ди аме тр	Глу бин а зало жен ия	Коли чест во		Умен ьшен ие	Увел ичен ие

### 7 Сведения о дефектах

Дата осмотр а	Местоположени е	Характе р дефекта	Длина поврежденног о участка	Причина возникновени я

### 8 Текущий ремонт

Год ы	Трубопровод		Дождеприем ный колодец		Смотровой колодец		Решетка и крышка люка	
	Длин а, м	Стоимос ть, руб.	М <sup>3</sup>	Стоимос ть, руб.	М <sup>3</sup>	Стоимо сть, руб.	Ш т.	Стоимос ть, руб.

### 9 Капитальный ремонт

Работы	Участок ремонта	Дата производства работ	Объем работ	Стоимость, руб.

## Практическое занятие № 3

### Измерение расхода жидкости в канализационных коллекторах.

Для определения расхода сточной жидкости в канализационных коллекторах распространения получил метод разработанный ВНИИ ВОДГЕО. Он основан на измерении уровня воды в поперечном сечении канала.

Данный метод обеспечивает необходимую точность измерений при соблюдении следующих условий:

- 1) поток в канале является или может быть принят практически установившимся;
- 2) расход плавно изменяется;
- 3) режим течения спокойный (волны перемещения отсутствуют);
- 4) движение жидкости, равномерное (влияние подпоры или спада практически нет);
- 5) минимальный диаметр коллектора, 0,2 м;
- 6) минимальная высота жидкости  $h \geq 0,1$  м;
- 7) в период измерения дно и стенки канала не подвержены заиливанию или обрастанию.

Метод расхода в каналах по величине их наполнения может быть реализован двумя способами:

— путем использования градуировочной характеристики, т.е. зависимости расхода; от наполнения канала, полученной при предварительной градуировке измерительного сечения канала на всем диапазоне изменения расхода;

— путем использования градуировочной характеристики, полученной в результате измерения расхода и наполнения канала в одной - двух точках диапазона измерений.

Выбор способа зависит от требуемой точности, величины расхода, назначения и типа канала, удобства градуировки измерительного сечения и других условий. Наиболее точным и трудоемким является 1-ый способ. Второй способ сочетает достаточно высокую точность с небольшим объемом работ по градуировке и вследствие этого является в большинстве случаев оптимальным.

Равномерное установившееся течение жидкости в сечении, прямолинейного канала описывается формулой:

$$Q = A * \omega * R^{2/3}, \quad (1)$$

где  $\omega = f_1(h)$  ;  $R = f_2(h)$

A - множитель, объединяющий постоянные для данного сечения канала величины.

Множитель A следует определять экспериментально, измерив расход Q и наполнение канала Q:

$$A = \frac{Q}{\omega * R^{2/3}} , \quad (2)$$

Значение A при нескольких измерениях расхода и наполнении канала следует определять как среднее арифметическое.

Для определения значения  $Q_n$  в данном сечении полученную величину A следует подставить в уравнение (2) при значениях  $h_n$ , соответствующих полному наполнению канала. При известной величине  $Q_n$  значение Q для различных наполнений  $h/d$  можно определить с помощью таблиц или графиков по формуле:

$$Q = k * Q_n \quad (3)$$

Требования к измерительному сечению зависят от принятого способа определения расхода. Если измерительное сечение задано, то применительно к нему следует назначить способ измерения расхода.

Если расход измеряется по первому способу, т.е. при помощи градуировочной кривой, составленной по экспериментальным данным, во всем диапазоне измеряемых расходов, то измерительное сечение выбирается так, чтобы на поверхности жидкости не было местных возмущений, вызываемых поворотами потока, перепадами и т.п., из-за которых градуировочная кривая менялась бы во времени.

При измерении расхода по второму способу, т.е. при помощи градуировочных кривых, построенных по одному - двум экспериментально определенным значениям A, измерительное сечение следует помещать на прямолинейном участке канала, расположенном на расстоянии  $40 \div 50h$  от перепада, поворота, присоединений ветвей канала и других возмущений потока. Ниже измерительного сечения длина прямого участка должна быть, как правило, не менее  $10 \div 12 h$ .

В измерительном сечении не должно быть местных выступов, закладных деталей и других предметов, вызывающих искажение уровня за счет местных возмущений потока. Для измерения уровня при проведении кратковременных измерений применяются простейшие средства измерения - водомерные рейки.

Для систематических измерений следует применять емкостные (ЭИУ-2) пневмометрические ультразвуковые уровнемеры. Датчики емкостные или ультразвуковые уровнемеров устанавливаются в колодцах на сети и закрепляются либо к лестнице, либо к ограждению на все время измерений. Сигнал с предварительно отпарированных датчиков уровня выводится на вторичный самопишущий прибор, регистрирующий изменение уровня на диаграммной ленте.

Вторичный прибор (самописец КСП-4) устанавливается в будке в непосредственной близости от колодца. Для работы датчиков и вторичных приборов будка должна быть электрофицирована и снабжена отопительными приборами.

Полученные данные обрабатываются, составляется таблица измерения уровней в течение всего времени измерений. Далее по градуировочному графику находят значение расхода. Градуировка измерительного сечения приводится с целью получения зависимости:

Скорость следует измерять при помощи гидрометрических вертушек электромагнитных измерителей скорости или же просто поплавком. Гидрометрические вертушки пригодны для измерения скорости в каналах шириной 0,5 м и более. Измерение скорости поплавком производится следующим способом. На участке, где проводятся измерения, выбираются 2 колодца, в один из которых бросается поплавок, и включается секундомер. Когда поплавок переходит створ второго колодца, секундомер выключается. Зная время  $T$ , за которое поплавок прошел между двумя колодцами и расстояние  $L$  между ними, можно вычислить скорость потока.

$$v_n = \frac{L}{T} \quad (4)$$

и среднюю скорость потока

$$v_{cp} = 0,88v_n \quad (5)$$

Расход следует вычислять как произведение средней скорости  $v_{cp}$  на площадь поперечного сечения  $\omega$ :

$$Q = v_{cp} * \omega \quad (6)$$

Вертушка ГР-99 закрепляется на штанге и устанавливается в канале, в зависимости от его наполнения, для измерения максимальной скорости потока.

Исследованиями установлена зависимость между средней скоростью потока и максимальной при наполнениях  $h/d \leq 0.5$ , она описывается формулой:

$$\frac{v_{cp}}{v_{max}} = \frac{\omega^2}{6\omega} \left(1 - \frac{\omega}{2}\right) \sqrt{\frac{1}{a} - 1} \left(3 + 7 \left(\frac{1}{2a} \sqrt{1 - a - a^2} - \frac{1}{2a} + 1\right) + 2m\right) \quad (7)$$

где  $v_{max}$  - максимальная скорость потока;

$a$  - отношение  $h/d$ ;

$\lambda$  - коэффициент трения трубы;  $m = \frac{1}{3} \sqrt{\lambda}$

При наполнении  $0.5 < h/d \leq 1$  отношение средней скорости потока к максимальной следует определять по ГОСТ 8.361-79 в зависимости от коэффициента гидравлического трения  $\lambda$ :

$\lambda$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
$R_v$	0,875	0,84	0,80	0,77	0,74	0,713

При наполнении  $h/d < 0,5$  максимальная скорость измеряется в непосредственной близости от поверхности потока, а при  $h/d > 0,5$  в центре потока. Для удобства расчета средней скорости составлен пересчет максимальной скорости в среднюю в зависимости от диаметра трубопровода и его наполнения.

$h/d$	Диаметр, d м									
	0.2	0.3	0.4	...	1.2	1.5	1.8	...	4.0	4.8
0.1	0.817	0.829	0.838	...	0.867	0.873	0.877	...	0.894	0.898
0.2	0.818	0.830	0.838	...	0.866	0.872	0.875	...	0.892	0.895
0.3	0.815	0.827	0.835	...	0.852	0.857	0.861	...	0.886	0.889
0.4	0.808	0.820	0.827	...	0.836	0.840	0.843	...	0.875	0.878
0.5	0.795	0.805	0.812	...	0.836	0.843	0.857	...	0.857	0.860

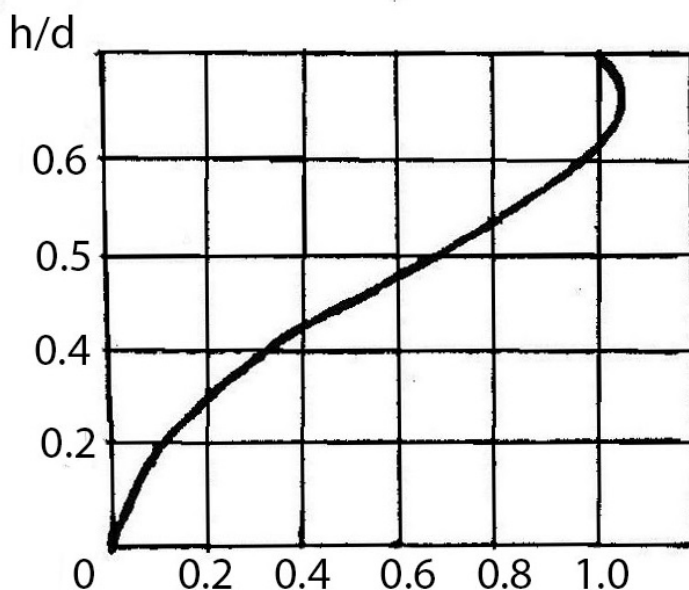
Площадь живого сечения для круглых коллекторов определяется по формуле:

$$\omega = \frac{d^2}{8} (\varphi - \sin \varphi), \quad (8)$$

где

$$\varphi = 4 \arctg \sqrt{h/(d-h)} \quad (9)$$

По полученным данным строится градуировочная зависимость для этого канала:



Расход сточных вод в коллекторе определяется косвенным путем по известной глубине потока в сечении канала, где производилась градуировка.

Расход жидкости при полном наполнении ( $h=d$ ) вычисляется по зависимости:

$$Q_n = 0,312 A_{cp} d^{8/3} \quad (10)$$

где  $A_{cp}$  - среднее значение множителя, входящего в формулу для вычисления расхода (эта величина находится при градуировке измерительного сечения).

По графику, приведенному на рисунке, по известной относительной глубине  $h/d$  находится отношение расходов  $k = Q/Q_n$ .

По найденной величине  $k$  и известному значению  $Q_n$  находится расход при данном наполнении.

$$Q = kQ_n$$

Для определения суточного расхода сточных вод, протекающих по данному коллектору, необходимо измерение уровня сточных вод круглосуточно, с максимальной дискретностью измерений в 1 ч. Это возможно только с помощью самопишущих приборов или других автоматически действующих средств измерения. Результаты измерений и расчетов сводятся в таблицу.



Таблица 1.  
 Измерение расходов сточных вод в коллекторе  
 по ул. Ленина.....  
 Створ измерения.....

Часы суток	Глубина потока жидкости, м	Расход сточных вод, м <sup>3</sup> /ч	Часы суток	Глубина потока жидкости, м	Расход сточных вод, м <sup>3</sup> /ч
0-1			12-13		
11-12			23-00		

## Практическое занятие № 4

### Электрокоагуляция

Метод электрокоагуляции в практике очистки сточных вод может быть использован для решения следующих технологических задач:

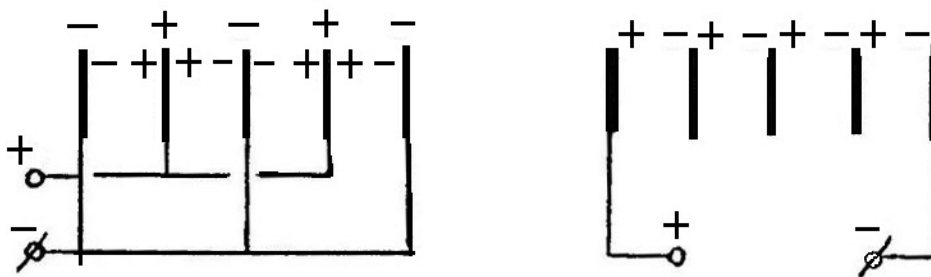
- удаление дисперсных загрязнений за счет изменения их агрегатного состояния под действием ионов металла, поступающих в раствор в процессе анодного растворения электродов;
- удаление ионов шестивалентного хрома путем восстановления их до трехвалентного ионами двухвалентного железа и последующего осаждения в виде нерастворимых гидроокисей;
- выделение из сточных вод ионов тяжелых металлов, например Cu, Cr и др., за счет образования нерастворимых гидроокисей этих металлов.

Проектирование и расчёт электрокоагуляционных установок.

При проектировании электрокоагуляционных установок необходимо учитывать следующие рекомендации:

- рН исходной жидкости должно находиться в пределах 3-6;
- толщина электродов  $\delta = 6-10$  мм;
- расстояние между электродами  $l = 10-30$  мм;
- в качестве материала электродов должны выбираться листы низкосортной стали или алюминия;
- продолжительность обработки выбирается в зависимости от вида обрабатываемой жидкости и не должна превышать 10-15 мин;
- при обработке сточных вод, обладающих низкой электропроводностью ( $\leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ), необходимо введение в неё раствора с учетом того, что увеличение дозы NaCl приводит к увеличению солесодержания жидкости и образованию хлоросодержащих соединений в воде и воздухе, что потребует последующей обработки очищенной воды и воздуха;
- для предотвращения пассивации и равномерного износа электродов необходимо предусматривать периодическую переплюсовку электродов (через 15-60 мин);

- электрокоагуляционный аппарат должен быть снабжен автономной вытяжной вентиляцией;
- электрооборудование установки выполняется во взрывобезопасном исполнении;
- соединение электродов в блок возможно по двум схемам: монополярной и биполярной. (При монополярной схеме силу тока и напряжение соответственно принять 1 м и 2 м, то при биполярной схеме  $I \delta = \frac{I}{n}$ , где n – число пластин электродной системы).



- количество рабочих ванн должно определяться расчётом и приниматься не менее 2-х. На случай аварии, замены электродов, профилактического ремонта необходимо иметь резервные электрокоагуляторы. При общем количестве электрокоагуляторов > 3 принимается 2 резервных аппарата;

- не рекомендуется устройство электрокоагуляционных установок в подвальных помещениях;

- величина анодной плотности тока принимается в пределах 50-200 А/м<sup>2</sup>;

- скорость движения жидкости через электродное пространство для предотвращения его засорения должна поддерживаться 0,03 м/с;

- продолжительность отстаивания электрохимически обработанной жидкости принимается в пределах 1,5 ÷ 2 часов.

Расчёт электрокоагуляционных установок сводится к определению их размеров и электротехнических параметров.

Общий объём электролизёра определяется в м<sup>3</sup> по формуле:

$$V_{\text{эл}} = gt \quad (1)$$

где g - расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

t - продолжительность обработки, с.

Удельные затраты электроэнергии надлежит определять из выражения

$$W_{y\delta} = \frac{I * U * t}{1000 * v} \quad \text{кВт-ч/м}^3 \quad (2)$$

где  $I$  - величина тока, А;

$U$  - напряжение в электролизёре, В;

$t$  - продолжительность обработки, ч;

$V$  - объем обрабатываемой жидкости, м<sup>3</sup>.

Ориентировочно удельные затраты электроэнергии, напряжение, плотность тока при обработке стока определяются по справочникам (табл.1).

Для более точных расчетов первоначально подсчитывается величина потерь напряжения в электролизёре

$$U = L_a - L_k + \Delta U_{\text{эл-та}} + \Delta U_{\text{эл-дов}}$$

где  $L_a$ ,  $L_k$  - величина анодного и катодного потенциалов, В;

$\Delta U_{\text{эл-та}}$  - падение напряжения в электролите, которое можно определить по формуле

$$\Delta U_{\text{эл-та}} = I * R_{\text{эл-та}}$$

$R_{\text{эл-та}}$  - электрическое сопротивление электролита (жидкости)

в Ом, определяется по формуле  $R_{\text{эл-та}} = \frac{r(n-1)l_1}{S_э * \gamma}$ ,

где  $n$  – общее число электродных пластин, шт.;

$l_1$  - расстояние между двумя соседними пластинами, см;

$S_э$  - общая площадь одного электрода (обе стороны), см<sup>2</sup>;

$\gamma$  - удельная электропроводность жидкости,  $\frac{1}{\text{Ом м}}$

Падение напряжения в электродах и токопроводах:

$$\Delta U_{\text{эл-та}} = I (\sum R_{\text{эл-дов}} + \sum R_{\text{ток-дов}}),$$

где  $R_{\text{эл-дов}}$ ,  $R_{\text{ток-дов}}$  - соответственно электрические сопротивления электродов и токо проводов, определяемые по формуле

$$R_{\text{эл-дов}} = \frac{\rho * l_T}{S_T}$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление электродов или токопроводов, Ом м;

$l_T$  - длина токовода, м;

$S_T$  - сечения, м<sup>2</sup>.

Удельное сопротивление может быть определено по табл.3.

Величины значений  $L_a$ ,  $L_k$  принимаются на основе экспериментальных данных, полученных для каждого конкретного случая.

Величина силы тока может быть определена из выражения

$$I = i_a * S_a, \quad (3)$$

где  $i_a$  – анодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup> (табл.1);

$S_a$  – рабочая поверхность всех анодов,  $\text{дм}^2$ .

Определение необходимой величины анодного тока для восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного может быть произведено по формуле:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Y \cdot C_0 \cdot 11120}{t}, \quad (4)$$

где  $Q$  - общее количество электричества, которое необходимо пропустить через электролизёр, в кулонах;

$V$  - объем обрабатываемой жидкости,  $\text{м}^3$ ;

$C_0$  - исходная концентрация  $\text{Cr}^{6+}$  в сточных водах,  $\text{г/м}^3$ ;

$t$  - продолжительность обработки, с;

11120 - теоретическое значение электричества, необходимое восстановления 1 г  $\text{Cr}^{6+}$ .

### Определение параметров электролизёра

1. Общая площадь анодных пластин в  $\text{дм}^2$ .

$$S_a = \frac{I}{r \cdot i_a} \quad (5)$$

где  $i_a$  - анодная плотность тока,  $\text{А/дм}$ ;

$I$  - общая величина тока,  $\text{А}$ ;

$r$  - коэффициент, учитывающий работу обеих сторон анода;

2. Общее количество электродных пластин может быть определено по формуле

$$n = \frac{b - 2b_1}{\delta + b_2} \quad (6)$$

где  $b$  - ширина электролизёра, м;

$b_1$  - расстояние между крайними пластинами и стенками электролизерами, м;

$\delta$  - толщина электродов, м;

$b_2$  - расстояние между пластинами, м.

Геометрические размеры электролизёра определяются исходя из конструктивных параметров электродных пластин:

а) длина электролизёра, м

$$l = l_{\text{пл}} + 2l_1 \quad (7)$$

где  $l_{\text{пл}}$  - длина пластины, м;

$l_1$  - расстояние между торцом пластины и стенкой электролизёра, м;

б)  $h$  - высота электролизёра

$$h = h_{\text{пл}} + h_{\text{Н}} + h_{\text{стр}} \quad (8)$$

где  $h_{\text{пл}}$  - рабочая высота пластины определяется по формуле

$$h_{\text{пл}} = \frac{S}{n \cdot I_{\text{пл}}} \quad (9)$$

где  $S$  - общая площадь электродов,  $\text{м}^2$ ;

$h_{\text{Н}}$  – высота нейтрального слоя,  $\text{м}$ ;

$h_{\text{стр}}$  - высота строительных бортов,  $\text{м}$ .

Определяем скорость движения воды между электродными пластинами,  $\text{м/с}$

$$V = \frac{q p'}{\omega} \quad (10)$$

где  $q p'$  - расчётный расход одного электролизёра,  $\text{м}^3/\text{с}$

$\omega$  - рабочее сечение электролизёра в  $\text{м}^2$  определяемое по следующей формуле

$$\omega = b * l - l_{\text{пл}} * \delta * n$$

Сила тика определяется на основе второго закона Фарадея

$$I = \frac{D * Q_p * F}{\eta * K} \quad (11)$$

где  $D$  - фаза металла,  $\text{г}(\text{м}^3)$  определяется экспериментально в каждом конкретном случае;

$F$  – число Фарадея, составляет 26,8 А-ч;

$\eta$  - выход по току, определяется экспериментально;

$K$  - электрохимический эквивалент,  $\text{г}$  (для алюминия - 8,99, железа 27,93).

$$\eta = \frac{I_n}{I_{\text{общ}}} * 100\% \quad (12)$$

где  $I_n$  - величина тока расходуемая на основную реакцию;

$I_{\text{общ}}$  - общая величина тока;

$m_T$  - теоретическое количество выделившегося при электролизе вещества.

Действительное количество вещества, выделившегося в процессе электролиза, можно определить по формуле:

$$m_T = \eta \frac{I * A * t}{F * n}, \text{ ч} \quad (13)$$

где  $A$  – атомарный вес вещества;

$I$  – сила тока,  $\text{А}$ ;

$t$  – продолжительность электролиза,  $\text{с}$ ;

$F$  – число Фарадея;

$n$  – валентность вещества;

$\eta$  - выход металла по току

$$\eta = \frac{m - \text{эксн} * F * n}{I * A * t}$$

## Практическое занятие № 5

### **Электрофлотация**

Электрофлотация может использоваться как в качестве индивидуального метода очистки (для выделения из сточных вод загрязняющих веществ, плавающих, ПАВ, нефтепродуктов), так и в сочетании с другими, например, электрокоагуляцией для выделения в поверхностный слой гидроокисей, образовавшихся в электрокоагуляторе

Сущность электрофлотации заключается в электролитическом получении газовых пузырьков на электродах: обычно водорода (на катоде) и кислорода (на аноде). При помощи этих пузырьков загрязнения фильтруются в поверхностный слой электрофлотатора. В связи с этим процесс электролиза следует вести при таких электротехнических параметрах, при которых реакция восстановления водорода на катоде и окисление кислорода на аноде преобладала бы.

На практике основную роль в процессе флотации частиц выполняют, как правило, пузырьки, выделяющиеся с поверхности катода. Образование пузырьков газов на электродах происходит не повсеместно, а вокруг некоторых точек, которые обычно называют центрами газообразования. Размер их зависит от радиуса кривизны центров газообразования и в некоторой степени от величины тока на электродах. Интенсивность газовыделения зависит только от плотности тока. Данное обстоятельство позволяет путём изменения плотности тока на электродах регулировать размер и равномерность распределения пузырьков по объёму обрабатываемой жидкости, корректировать в зависимости от характера загрязнений технологические параметры очистки. Электродная система электрофлотатора обычно состоит только из двух горизонтально расположенных друг над другом пластин: верхняя (сетка) - из нержавеющей стали или другого коррозионно-стойкого материала, нижняя - из анодно-нерастворимого материала (графита, титана и т.д.). Для увеличения интенсивности газовыделения электроды могут располагаться и вертикально (площадь пластин в этом случае увеличивается).

Исходными данными для проектирования электрофлотаторов обычно являются расход сточных вод ( $Q_p$ , м<sup>3</sup>/ч),

продолжительность обработки жидкости в электрофлотаторе ( $t$ , мин), плотность тока ( $i_a$ , А/дм<sup>2</sup>).

При этом задаются высотой столба обрабатываемой жидкости ( $h$ , м) и напряжением на электродах ( $U$ , В). Оптимальное значение высоты столба жидкости обычно колеблется в пределах 0,8-1,2 м. Величина напряжения зависит от солевого состава обрабатываемой жидкости и расстояния между электродами стремятся принять минимальным. Однако из конструктивных соображений эта величина принимается не менее 8-10 мм.

Расчёт электрофлотатора (как и электрокоагулятора) сводится к определению его геометрических размеров и электротехнических параметров.

1) Рабочий объём электрофлотатора определяется по формуле, аналогичной (I).

$$V_{\text{э.ф.}} = Q'_p * t, \text{ м}^3,$$

где  $Q'_p$  – количество сточных вод, поступающих в один аппарат, м<sup>3</sup>/с;

$t$  - продолжительность обработки, мин.

2) Площадь зеркала воды в электрофлотаторе (м<sup>2</sup>).

$$F = \frac{V_{\text{э.ф.}}}{h}$$

где  $h$  - высота столба обрабатываемой жидкости, м.

3) . Приняв отношение ширины электрофлотатора к его длине равным 1 : (1,5÷2), определяем его размеры.

4) . Общая высота электрофлотатора

$$H = h_{\text{в}} + h_{\text{п}} + h_{\text{стр}}$$

где  $h_{\text{в}}$ ,  $h_{\text{п}}$ ,  $h_{\text{стр}}$  - соответственно высоты слоя обрабатываемой воды, пенного слоя и строительных бортов, м.

5) Электротехнические параметры:

а) величина тока в А определяется по формуле

$$I = i_a * S$$

где  $S$  – площадь анода (катода) в м<sup>2</sup> находится из выражения

$$S = l_n * b_n$$

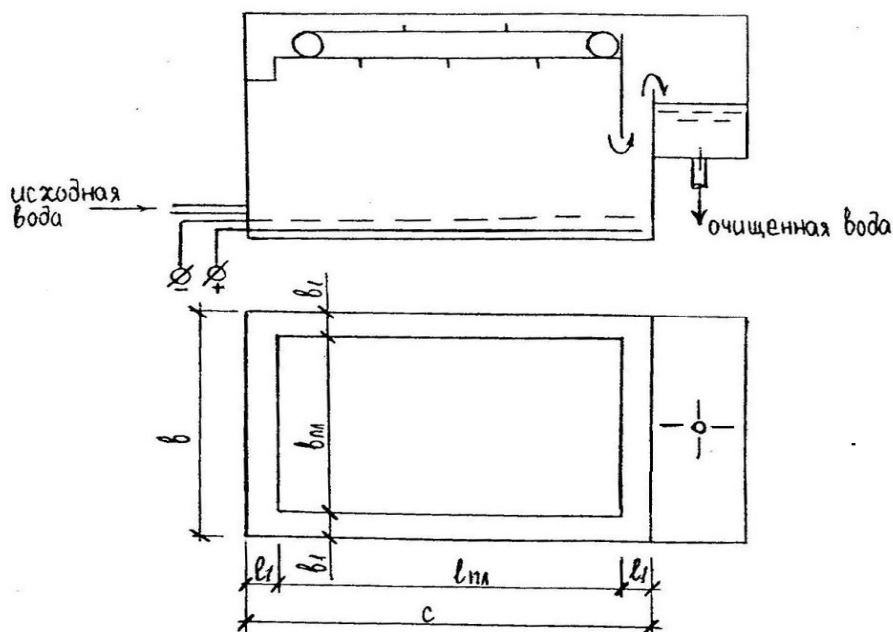
где  $l_n$  - длина анода (катода), м;

$b_n$  - ширина анода (катода), м;

$W_{\text{уд}}$  - удельные затраты электроэнергии определяются по формуле:

$$W_{\text{уд}} = \frac{I * U * t}{1000V}$$





### Пример расчета электрофлотатора:

Определить размеры и электротехнические параметры электрофлотатора при следующих исходных данных:

$$Q_p = 18 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$t = 5 \text{ мин};$$

$$U = 10 \text{ В};$$

$$i_a = 2 \text{ А/дм}^2;$$

$$h_B = 1.0 \text{ м};$$

$$b = 1 \text{ м};$$

$$l = 1.5 \text{ м};$$

$$\Delta b = \Delta l = 0.05 \text{ м}.$$

Принимается один рабочий и один резервный аппарат

1. Рабочий объем электрофлотатора

$$W_{\text{э.ф.}} = \frac{Q_p \cdot t}{60} = \frac{18 \cdot 5}{60} = 1.5 \text{ м}^3$$

2. Площадь зеркала воды в электрофлотаторе

$$F = \frac{V_{\text{э.ф.}}}{\square_{\text{с}}} = \frac{1.5}{1.0} = 1.5 \text{ м}^2$$

Принимаем конструктивно  $b \cdot l = 1.0 \cdot 1.5 \text{ м}$ .

3. Размер электродных пластин (см. рис. 10)

$$l_{\text{пл.}} = l - 2l_1$$

$$b_{\text{пл.}} = b - 2b_1$$

где  $b_1, l_1$  - расстояние между пластинами и стенками электрофлотатора принимаем равным по 0,05 м и тогда

$$l_{пл.} = 1,5 - 2 * 0,05 = 1,4 \text{ м};$$

$$b_{пл.} = 1,0 - 2 * 0,05 = 0,9 \text{ м}.$$

Площадь электродной пластины

$$S_{пл} = l_{пл.} * b_{пл.} = 1,26 \text{ м}^2$$

4. Общая высота электрофлотатора

$$H = h + h_{п.} + h_{стр} = 1,0 + 0,3 + 0,3 = 1,6 \text{ м}$$

где  $h_{п.}$  и  $h_{стр}$  принимаем равным по 0,3 м.

Электротехнические параметры.

Величина тока.

$$I = i_a * S_{пл} = 126 * 2 = 252 \text{ А}$$

Удельные затраты электроэнергии.

$$W_{y\delta} = \frac{I * U * t}{V_{\text{эф.}}} = \frac{252 * 10 * 5}{1,5 * 1000 * 60} = 0,145 \text{ кВт*ч/м}^3$$

Общие затраты электроэнергии на обработку жидкости составят:

$$W_{\text{общ}} = W_{y\delta} * Q_p = 0,145 * 18 = 2,6 \text{ кВт*ч}$$

## Практическое занятие № 6

### **Борьба с льдообразованием на решетках**

Льдообразование на решётках имеет место в период образования шуги и данного льда. Подводное льдообразование начинается при переохлаждении воды до температуры - 0,03 °С. Для предупреждения льдообразования следует повысить температуру стержней решеток до 0,01°С, чтобы частицы льда не прилипали к металлическим стержням.

Мерами борьбы с льдообразованием на решётках являются механическая очистка решёток и их обогрев. Механическая очистка решёток от льда осуществляется скребками, баграми, путём обратной промывки самотечных линий. Промывку следует производить в период льдообразования (до момента образования поверхностного льда) в течение 10-20 мин через каждые 2-4 ч. Этот способ эффективен при заборе воды из водоисточников, в которых образование льда происходит в небольших количествах и на короткий срок.

При интенсивном образовании льда применяется обогрев решёток паром, горячей водой и электрическим током.

Парообогрев или обогрев горячей водой осуществляется путём пропуска пара и воды через трубчатую систему решётки, либо путём подвода пара или воды и распределения их перед решёткой.

Расход тепла (кДж) определяется по формуле

$$W = W_1 + W_2 \quad (1)$$

где  $W_1$  - потери тепла в подводящих трубопроводах;

$W_2$  - расход тепла за нагрев воды.

Расход тепла для подводной и надводной частей трубопровода определяется самостоятельно по формуле:

$$W_1 = k (t_1 + t_2) L \varepsilon \quad (2)$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи на 1 м трубопровода,

$\frac{\text{кДж}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°С}}$

$t_1$ - температура пара или воды, °С;

°С;  $t_2$  - расчетная температура наружного воздуха, °С;

°С;  $L$  - длина трубопровода, м.

Для изолированных труб, уложенных на поверхности земли,

$$k = \frac{\pi \alpha d_{из} * \lambda_{из}}{1,15 \alpha * d_{из} * \lg\left(\frac{d_{из}}{d}\right) + \lambda_{из}} \quad (3)$$

где  $\lambda_{из}$  - коэффициент теплопроводности изоляции (асбеста),  
 $\frac{\text{кДж}}{\text{м} * \text{ч} * ^\circ\text{С}}$ ;

$$\lambda_{из} = 0,75;$$

$d_{из}$  - диаметр трубопровода с изоляцией, м;

$d$  - наружный диаметр паропровода, м;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи;

$\alpha = 147 \text{ кДж/м ч } ^\circ\text{С}$ .

Принимая  $\frac{d_{из}}{\alpha} = 2$ , имеем  $k = 4,19 - 5,0 \text{ кДж/м ч } ^\circ\text{С}$ .

Расход тепла на нагрев воды (кДж/ч).

$$W_2 = 4190 Q (t_1 - t_2) \quad (4)$$

где  $Q$  - расход воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t_2$  - расчетная температура переохлаждения воды;

$$t_2 = -0,03^\circ\text{С};$$

$t_1$  - температура, до которой необходимо довести поступающую воду:  $t_1 \geq 0,01^\circ\text{С}$ .

Расход пара (кг/ч) по массе определяется по формуле

$$q = w/i \quad (5)$$

где  $i$  - полное теплосодержание пара, кДж/кг; ориентировочно расход пара на  $1 \text{ м}^3$  поступающей воды составляет  $0,15 \text{ кг}$ .

Расчёт электрического обогрева решеток сводится к определению потребного количества тепла, напряжения, величины тока, мощности и сечения кабеля.

Часовой расход тепла.

$$W_L = Q_L * 4190 \Delta t \quad (6)$$

где  $Q_L$  - часовой расход воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\Delta t$  - перепад температуры,  $^\circ\text{С/м}$ :  $\Delta t = 0,01 - (-0,03) = 0,04^\circ\text{С}$ .

Мощность (кВт), подводимая к решёткам, определяется по формуле

$$N = C r (L/F) \quad (7)$$

где  $C$  - удельное сопротивление стали при нулевой температуре воды:  $C = 0,1$ ;

$L$  - длина стержня решётки, м;

$F$  - поперечное сечение стержня,  $\text{мм}^2$ ;

$r$  - коэффициент увеличения омического сопротивления решётки (по Альберчу) при переменном токе:  $r = 8$ .

Необходимый ток  $J$  (А) с учетом падения напряжения, равного 10%, в питающей решётке кабеле определяется по формуле

$$I = (U + 0.1U) / R \quad (8)$$

Сечение подводящего кабеля

$$F_k = 2 L_1 N * 100 / (U^2 p k_1), \quad (9)$$

где  $L_1$  - длина кабеля, м;

$N$  - мощность, Вт;

$U$  - напряжение, В;

$p$  - падение напряжения;

$k_1$  - проводимость меди, равная 57.

Напряжение рекомендуется принимать равным  $50 \div 120$  В.

### Список литературы

1. Экономика муниципального сектора [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Пикулькин, Ю.М. Дурдыев, Л.Л. Святышева и др. ; под ред. А.В. Пикулькина. - М. : Юнити-Дана, 2015. - 464 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118261>.
2. Мухаев, Рашид Тазитдинович . Геополитика [Текст] : учебник / В. Д. Мухаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2010. - 839 с.
3. Римшин, Владимир Иванович. Правовое регулирование городской деятельности и жилищное законодательство [Текст]: учебник / В. И. Римшин, В. А. Греджев. - М.: Высшая школа, 2009. - 501 с.
4. Градостроительные основы развития и реконструкции жилой застройки [Текст]: [монография] / под ред. Ю. В. Алексеева. - М.: АСВ, 2009. - 640 с. - ISBN 978-5-93093-624-7
5. Управление в городском хозяйстве [Текст] : учебное пособие / под ред. Р. Ж. Сираждинова. - М.: КноРус, 2009. - 352 с. - ISBN 978-5-390-00216-2.
6. Экономика и управление социальной сферой [Электронный ресурс] : учебник / Е.Н. Жильцов, Т.В. Науменко, Е.В. Егоров и др. ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Экономический факультет, Кафедра экономики социальной сферы ; под ред. Е.Н. Жильцова и др. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2015. - 496 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=375813>.