

Предлагаемые параметры анализа сточных вод, образующихся в медицинских учреждениях

ВВЕДЕНИЕ

Данное руководство было разработано по просьбам стран, принимающих участие в проекте ГЭФ ПРООН. Это руководство может использоваться в качестве руководства в странах, в которых не существует четких правил обращения со сточными водами, образующимися в медицинских учреждениях.

ПАРАМЕТРЫ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД

В таблице далее приведен список параметров, которые следует учитывать при проведении проверок сточных вод больниц общего профиля. Данные параметры разработаны на основе директивы ЕС,¹ исследования Агентства США по охране окружающей среды (US EPA) 1991 г.,² и информации о загрязнителях, которые могут быть обнаружены в сточных водах больницы.

Параметр	Концентрация	Источник	Способ проверки	Примечания
рН (кислотность)	6–9 – стандартный приемлемый диапазон*		Измеритель рН или титрование	
Биохимическая потребность в кислороде (БПК) при 20°C	25 мг/л O ₂	Директива Совета ЕС 91/271/ЕЕС	См. таблицу 1 Директивы Совета ЕС 91/271/ЕЕС	

¹ EU Council Directive 91/271/EEC <http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/directiv.html>

² В результате исследования сточных вод больниц, проведенного US EPA, было обнаружено, что в наивысших концентрациях в воде присутствуют следующие вещества: общее количество растворенных твердых веществ, химическая потребность в кислороде (ХПК), фосфаты, поверхностно-активные вещества, формальдегид, фенол и фтор. Кроме того, чаще других в сточных водах больниц встречались следующие загрязняющие вещества: ХПК, фенол, серебро, медь и цинк. Также среди загрязнителей были обнаружены: хром общий, никель, мышьяк, кадмий, селен и ртуть. Справочные документы: “Supplemental Manual on the Development And Implementation of Local Discharge Limitations Under the Pretreatment Program: Residential and Commercial Toxic Pollutant Loadings and POTW Removal, US EPA, Office of Water Enforcement and Compliance, May 1, 1991 <http://www.epa.gov/npdes/pubs/owm0013.pdf>

Химическая потребность в кислороде (ХПК)	125 мг/л O ₂	Директива Совета ЕС 91/271/ЕЕС	См. таблицу 1 Директивы Совета ЕС 91/271/ЕЕС	
Общее содержание взвешенных частиц	35 мг/л	Директива Совета ЕС 91/271/ЕЕС	См. таблицу 1 Директивы Совета ЕС 91/271/ЕЕС	
Масла и жиры (также жиры/масла/смазка)	100 мг/л	Требования Департамента окружающей среды и природных ресурсов штата Северная Каролина ³	Метод 1664 EPA (вместо стандартного метода APHA с использованием фреона)	Стандартные пределы концентрации, применимые к сточным водам больниц
Фосфат или фосфор общий	Диапазон во многих городах США составляет 6–15 мг/л	Основной загрязнитель, обнаруженный EPA в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Стандартный метод APHA: разложение с последующим применением колориметрического метода с использованием ванадомолибдофосфорной кислоты	Причина – используемые в больницах чистящие средства
Поверхностно-активные вещества	См. примеры*	Основной загрязнитель, обнаруженный EPA в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Стандартный метод APHA: сепарация методом отделения веществ с последующим применением колориметрического метода MBAS или CTAS	Причина – используемые в больницах чистящие средства
Фенолы	См. примеры*	Основной загрязнитель, обнаруженный EPA в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Стандартный метод APHA: экстракция хлороформом с последующим применением колориметрического метода с использованием 4-аминоантипирина	Причина: дезинфицирующие и моющие средства, лекарственные препараты
Формальдегид	0,1 мг/л (исходя из того, что средняя смертельная концентрация токсичного вещества в окружающей среде для рыбы синезаберник равна 96 часам)	Основной загрязнитель, обнаруженный EPA в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Стандартный метод APHA: жидкость-жидкостная экстракция в сочетании с методом газовой хроматографии с использованием агента PFBNA	Причина: дезинфицирующие средства и отходы из лабораторий

³ “Considerations for Management of the Discharge of FOG to Sanitary Sewer Systems,” Appendix F, NC Department of Environment and Natural Resources, North Carolina, USA, June 2002.

Фториды	См. примеры*	Основной загрязнитель, обнаруженный ЕРА в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Стандартный метод АРНА: дистилляция с последующим применением ионоселективного метода для определения содержания фторид-ионов либо колориметрического метода с использованием циркониевого лака.	
Мышьяк, барий, кадмий, хром (общий), медь, железо, свинец, никель, селен, серебро и цинк	См. примеры*	Основной загрязнитель, обнаруженный ЕРА в сточных водах больниц (см. сноску 2)	Спектрометрия с пламенной атомной абсорбцией (АА) либо индуктивно связанной плазмой (ИСП); электротермальная АА или ИСП – для обнаружения мышьяка и селена	АА и ИСП – основные и наиболее распространенные методы, включенные в перечень стандартных методов АРНА
Ртуть	См. примеры*	Центральная проблема для проекта ГЭФ и ВОЗ, главный аспект УМО	Спектрометрия методом атомной абсорбции с использованием низкотемпературного пара	
Тригалометаны и хлорированные органические вещества	(0,08 для тригалометанов**)	Центральная проблема для проекта ГЭФ, поскольку присутствие хлорированных органических веществ может являться причиной образования в сточных водах диоксинов	Стандартный метод АРНА: жидкость-жидкостная экстракция в сочетании с методом газовой хроматографии или газовая хроматография с использованием продувки и улавливания	Причина: дезинфицирующие средства на основе хлора (гипохлорит)
Галогензамещенная уксусная кислота и трихлорфенолы	(0,06 для галогензамещенной уксусной кислоты**)	Центральная проблема для проекта ГЭФ, поскольку присутствие трихлорфенолов может являться причиной образования в сточных водах диоксинов	Стандартный метод АРНА: жидкость-жидкостная микроэкстракция в сочетании с методом газовой хроматографии	Причина: дезинфицирующие средства на основе хлора (гипохлорит)
Аммиак	См. примеры*	Существует высокая вероятность присутствия аммиака в сточных водах	Стандартный метод АРНА: аммиак-селективный электрод или титрование	Если проводится проверка на содержание аммиака, проверки на содержание нитратов не

				требуется
Нитраты	См. примеры*	Из-за присутствия в сточных водах аммиака и других азотных соединений существует высокая вероятность присутствия нитратов	Стандартный метод АРНА: нитрат-селективный электрод или титрование	См. примечание в пункте про аммиак
Фекальные колиформные бактерии	См. примечание ниже***	Высокая вероятность присутствия в сточных водах больниц**	Стандартный метод АРНА: инкубация с применением среды ЕС или бульона А-1	Если проводится проверка на содержание фекальных колиформных бактерий, проверки на содержание общих колиформных бактерий не требуется
Общие колиформные бактерии	См. примечание ниже***	Высокая вероятность присутствия в сточных водах больниц**	Стандартный метод АРНА: разбавление с последующим ферментативным расщеплением с использованием нескольких трубок	Если проводится проверка на содержание общих колиформных бактерий, проверки на содержание фекальных колиформных бактерий не требуется
Отдельные микрозагрязнители (дополнительно): абсорбируемые органические галиды, анальгетики, антибиотики, антиконвульсивные средства, антигистаминные препараты, противогипертензивные средства, бета-блокаторы, цитостатические средства, гормоны, йодированные контрастные вещества, платина и радионуклиды	отсутствует	См. сноску 4	Высокоэффективная жидкостная хроматография или масс-спектрометрия в сочетании с методом газовой хроматографии	Проблема присутствия микрозагрязнителей в сточных водах больниц становится все более серьезной

* Примеры предельных концентраций приведены ниже: два примера для стран ЕС, двух городов США и Канады, Филиппин и нескольких стран Латинской Америки.

** Данные показатели приведены исключительно в целях информации; они не применимы к сточным водам, поскольку рассчитаны исходя из предельно допустимых концентраций загрязнения *питьевой* воды в США (в соответствии с требованиями US EPA).

*** Если сточные воды сливаются непосредственно в реку или прибрежные воды без обработки, обязательно должно проверяться содержание колиформных бактерий. Кроме того, если сточные воды сливаются непосредственно в реку или прибрежные воды без обработки, должна проводиться проверка на содержание других микроорганизмов: стандартными индикаторными видами при проверке сточных вод являются патогенная *кишечная палочка*, энтерококки, *энтеритная клостридия* и *азромонас*.

ОТБОР ПРОБ И ЧАСТОТА ПРОВЕРОК

Необходимо четко определить участок выходной трубы, на котором пропорционально расходу воды либо каждые 24 часа будет отбираться проба. Как правило, отбор пробы пропорционально расходу воды или через определенный временной интервал производится с помощью автоматического пробоотборника, подключенного к измерителю расхода или таймеру. Должны соблюдаться международные стандарты лабораторных практик, направленные на минимизацию разложения отобранных проб в ожидании проведения анализа. Эти стандарты включают: использование рекомендуемых контейнеров для проб, соблюдение правил хранения и максимального срока хранения.

Частота проведения проверок определяется исходя из эквивалента популяции (э. п.) или содержания единиц на человека. Э. п. – это соотношение количества органических биологически разлагаемых веществ, образующихся в учреждении за 24 часа, с количеством органических биологически разлагаемых веществ, попадающих в бытовые сточные воды в результате жизнедеятельности одного человека за аналогичный период времени. Для расчетов одна единица обычно принимается за 54 г биологически разлагаемых веществ за 24 часа либо считается как биохимическая потребность в кислороде в течение 5 дней (БПК₅), составляющая 60 г кислорода за 24 часа. Значение БПК₅ многих больниц приблизительно соответствует 3 э. п. на одного пациента.⁴ Таким образом, этот показатель учреждения на 700 коек, обрабатывающего сточные воды больницы, будет равен показателю предприятия для обработки сточных вод маленького города (2 000–9 999 э. п.). Для учреждений такого размера Директива Совета ЕС 91/271/ЕЕС требует отбора 12 проб в течение первого года и четырех проб в течение каждого последующего года при условии, что сточные воды учреждения удовлетворяют всем остальным параметрам. Если одна из проб покажет неудовлетворительные результаты, в следующем году необходимо отобрать 12 проб. Некоторые регулирующие органы допускают наличие определенных отклонений, которые не должны превышать 100%, либо требуют соответствия ежегодных средних значений определенным параметрам.

ПРИМЕРЫ ОГРАНИЧЕНИЙ НА СЛИВ СТОЧНЫХ ВОД В РАЗНЫХ СТРАНАХ И РЕГИОНАХ

⁴ “Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options,” P. Verlicchi et al., *Journal of Hydrology*, 389, 416–428 (2010).

Ограничения на слив сточных вод согласно Директиве Совета ЕС 91/271/ЕЕС (подробнее см. Директиву):

Требования по сливу сточных вод из учреждений для обработки городских сточных вод согласно статьям 4 и 5 Директивы. Данные значения должны применяться для определения концентрации либо процентного отношения снижения концентрации.

Параметры	Концентрация	Минимальный процент снижения концентрации (1)	Эталонный метод измерения
Биохимическая потребность в кислороде (БПК5 при 20°C) без нитрификации (2)	25 мг/л O ₂	70-90 40 и ниже Статья 4 (2)	Гомогенизированная, нефильтрованная, несцеженная проба. Определение содержания растворенного кислорода до начала пятидневного периода инкубации и по его окончании; условия инкубации: 20 °C ± 1 °C в полной темноте. Добавление ингибитора нитрификации
Химическая потребность в кислороде (ХПК)	125 мг/л O ₂	75	Гомогенизированная, нефильтрованная, несцеженная проба бихромата калия
Общее содержание взвешенных частиц	35 мг/л 35 и ниже Статья 4 (2) (более 10 000 п. э.) 60 и ниже Статья 4 (2) (2 000-10 000 п. э.)	90 (3) 90 и ниже Статья 4 (2) (более 10 000 п. э.) 70 и ниже Статья 4 (2) (2 000-10 000 п. э.)	- Фильтрация репрезентативной пробы через мембрану фильтра с размером пор 0,45 мкм. Высушивание при 105 °C и взвешивание - Обработка репрезентативной пробы в центрифуге; (не менее пяти минут, среднее ускорение 2 800-3 200 г), высушивание 105 °C при и взвешивание

(1) Уменьшение концентрации вещества в сточных водах.

(2) Данный параметр может быть заменен другим: общий органический углерод (ООУ) или общая потребность в кислороде (ОПК), если установлена связь между БПК5 и заменяющим параметром.

(3) Данное требование является дополнительным.

Для анализа сточных вод, взятых из прудов-отстойников, пробы должны фильтроваться; однако общая концентрация взвешенных частиц в нефильтрованных пробах не должна превышать 150 мг/л.

Требования к сточным водам учреждений для обработки городских сточных вод, расположенных в экологически уязвимых зонах, подверженных эвтрофикации, указаны в Приложении II.A (а). Должен применяться один или оба параметра в зависимости от ситуации в конкретном регионе. Данные значения должны применяться для определения концентрации либо процентного отношения снижения концентрации.

Параметры	Концентрация	Минимальный процент снижения концентрации (1)	Эталонный метод измерения
Общее содержание фосфора	2 мг/л P (10 000 - 100 000 п. э.)	80	Спектрометрия методом молекулярного поглощения
Общий азот (2)	15 мг/л N (10 000 - 100 000 п. э.)	70-80	Спектрометрия методом молекулярного поглощения

(1) Уменьшение концентрации вещества в сточных водах.

(2) Термин "общий азот" означает: сумма общего азота, определенного методом Кьельдаля (органический N + NH₃), нитрата, (NO₃)-азота и нитрита (NO₂)-азота.

Предельные концентрации веществ в сточных водах для двух городов США и Канады:

ПРИМЕЧАНИЕ: Все значения предельных концентраций в городах США и Канады можно посмотреть на веб-сайте:

<http://www.pmairegs.org/sewer/>

Параметр	Единиц (в день)	Сан-Франциско, Калифорния, США	Торонто, Канада
Мышьяк	Значение (мг/л)	4,0	1
БПК5	Значение (мг/л)		300
Кадмий	Значение (мг/л)	0,5	0,7
Хром (общий)	Значение (мг/л)	5,0	4
Медь	Значение (мг/л)	4,0	2
Жиры и масла	Значение (мг/л)	300	150
Фториды	Значение (мг/л)		10
Свинец	Значение (мг/л)	1,5	1
Ртуть	Значение (мг/л)	0,05	0,01
Никель	Значение (мг/л)	2,0	2
pH (кислотность)		6 – 9,5	
Фенольные соединения	Значение (мг/л)	23	
Фосфор	Значение (мг/л)		10
Серебро	Значение (мг/л)	0,6	

Взвешенные частицы (общее содержание)	Значение (мг/л)		350
Цинк	Значение (мг/л)	7,0	2

Пределные концентрации веществ в сточных водах на Филиппинах:

для учреждений, сливающих менее 30 м³ в день, в зависимости от типа водоема, в который сбрасываются сточные воды

Параметр	Единиц (в день)	Основной источник подачи воды	Воды, используемые для отдыха (купание)	Воды, используемые для отдыха (прогулки на лодках), рыболовный район или источник воды для сельского хозяйства	Судоходный водоем или источник воды для промышленного использования
Аммиак как NH ₃ -N	Значение (мг/л)	0,5	0,5	0,9	13
Мышьяк	Значение (мг/л)	0,02	0,02	0,04	0,08
Барий	Значение (мг/л)	1,5	1,5	6	8
БПК5	Значение (мг/л)	20	30	80	200
Кадмий	Значение (мг/л)	0,006	0,0060	0,01	0,02
Химическая потребность в кислороде (ХПК)	Значение (мг/л)	60	60	175	350
Медь как растворенный Cu	Значение (мг/л)	0,004	0,004	0,004	0,008
Жиры и масла	Значение (мг/л)	2	10	35	85
Фекальные колиформные бактерии	Наиболее вероятное количество/100 мл	4	300	400	800
Фториды	Значение (мг/л)	2	2	2	4
Железо	Значение (мг/л)	5	5	13	60
Свинец	Значение (мг/л)	0,02	0,02	0,1	0,2
Ртуть	Значение (мг/л)	0,002	0,002	0,004	0,008
Никель	Значение (мг/л)	0,1	0,2	1	5
Нитрат как NO ₃ -N	Значение (мг/л)	14	14	24	50

рН (кислотность)		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5,5 – 9,5
Фенол и фенольные смолы	Значение (мг/л)	0,01	0,01	0,9	9
Фосфаты	Значение (мг/л)	1	1	2	15
Поверхностно-активные вещества (активное вещество метиленового голубого красителя)	Значение (мг/л)	2	3	25	50
Общие колиформные бактерии	Наиболее вероятное количество/100 мл	3 000	3 000	15 000	25 000
Общее содержание взвешенных частиц	Значение (мл/л)	70	85	150	250
Цинк	Значение (мг/л)	4	4	4	8

Предельные концентрации веществ в сточных водах в Латинской Америке:

Параметр	Единиц (в день)	Чили	Боливия	Перу	Бразилия	Эквадор	Аргентина	Мексика	Колумбия	Венесуэла	Парагвай
Мышьяк	Значение (мг/л)	0,5	1	0,5	1,5	0,1	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5
Барий	Значение (мг/л)					5			5	0,1	
БПК5	Значение (мг/л)	33 - 50	80	250		250	200	200	800	350	250
Кадмий	Значение (мг/л)	0,5	0,3	0,2	1,5	0,02	0,1	0,75	0,1	0,2	0,2
Хлор (активный)	Значение (мг/л)					0,5					
Хлороформ	Значение (мг/л)					0,1			1		
Хром (общий)	Значение (мг/л)	10		10					1	2	
Химическая потребность в кислороде (ХПК)	Значение (мг/л)		250 - 300	500		500			1500	900	600
Медь	Значение (мг/л)	3	1	3	1,5	1		15	3	1	1
Жиры и масла	Значение	150	10-20	100	150	100	100	75	100	150	100

	(мг/л)										
Фториды	Значение (мг/л)				10						
Железо	Значение (мг/л)		1		15	25			10	25	5
Свинец	Значение (мг/л)	1	0,6	0,5	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5
Ртуть	Значение (мг/л)	0,02	0,002	0,02	1,5	0,01	0,005	0,015	0,02	0,01	0,01
NH ₃ - NH ₄ ⁺	Значение (мг/л)	80	4	80		40					
Никель	Значение (мг/л)	4		4	2	2		6	2	2	2
pH (кислотность)		5,5 - 9,0	6,9	6 - 8	6 - 10	5 - 9	5,5 - 10	5,5 - 10	5 - 9	6 - 9	5 - 9
Фенольные соединения	Значение (мг/л)		1		5	0,2	0,5		0,2	0,5	0,5
Фосфор	Значение (мг/л)	10 - 45		10		15		20		10	
Селен	Значение (мг/л)					0,5			0,5	0,2	
Оседающие взвешенные твердые частицы	мл/л 1 час	20		8,5	20	20	0,5	7,5	10		1
Серебро	Значение (мг/л)				1,5	0,5			0,5	0,1	
Поверхностно-активное вещество	мг/л	7					5		10	8	5
Взвешенные частицы (общее содержание)	Значение (мг/л)	300	60	300		220		200	600	400	
Температура	°С	35	±5°С	35	40	40	45	< 40	< 40	40	40
Цинк	Значение (мг/л)	5	3	5	5	10		9	5	10	5

д-р Джордж Эммануэль (PhD)
Главный технический советник
Проект ГЭФ ПРООН по глобальным медицинским отходам
27 августа 2010 г.