



УДК 628.16 (470.341)

А. Л. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **Е. В. ВОРОБЬЕВА**, ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА КСТОВО

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87;
эл. почта: k_viv@nngasu.ru

Ключевые слова: питьевая вода, водоочистная станция, коагулирование, смеситель, осветлитель со слоем взвешенного осадка, фильтрование, скорый фильтр, промывная вода, осадок.

Рассмотрена возможность дальнейшей эксплуатации двух водоочистных станций г. Кстово. Выявлены и представлены нарушения в ходе эксплуатации водоочистных станций, а также показан физический износ трубопроводов и строительных конструкций на станциях. Разработано и предложено предпроектное технологическое решение по строительству новой водоочистной станции, производительностью 40 000 м³/сут, с предполагаемым размещением на территории одной из действующих водоочистных станций г. Кстово.

В настоящее время снабжение населения г. Кстово питьевой водой обеспечивают две водоочистные станции ВОС-1 и ВОС-2. Суммарная полная суточная производительность составляет 25 000 м³/сут. Исходным сырьем для получения воды питьевого качества является вода реки Волги. Исходная речная вода относится ко 2-му классу по загрязненности, согласно ГОСТ 2761-84 [1]. Показатели качества воды в источнике водоснабжения реки Волги за 2020–2022 гг. представлены в таблице.

Водоочистная станция (ВОС-1) пущена в эксплуатацию в 1958 г., проектная производительность станции 20 000 м³/сут. Речная вода поступает в распределительные камеры, куда вводятся жидкий хлор (первичное хлорирование), коагулянт (сульфат алюминия) и флокулянт (ПАА). Вода, смешанная с реагентами, поступает на осветлители со слоем взвешенного осадка.

Осадкоуплотнители в осветлителях оборудованы трубопроводами для принудительного отсоса осадка. В настоящий момент сброс осадка осуществляется на рельеф местности. Осветленная вода после осветлителей по общему трубопроводу подается на скорые фильтры с однослойной загрузкой. Промывная вода от фильтров отводится на рельеф местности. Очищенная вода после процесса фильтрования вторично хлорируется и поступает в резервуары чистой воды.

Водоочистная станция (ВОС-2) пущена в эксплуатацию в 1975 г., проектная производительность станции 31 500 м³/сут. Речная вода поступает в трубопровод перед смесителями, где вводятся реагенты (жидкий хлор, коагулянт, флокулянт). После смесителя вода, смешанная с реагентами, по трубопроводу направляется в камеры хлопьеобразования, совмещенные с горизонтальными отстойниками. Удаление осадка из отстойников – гидравлическое, через короба с отверстиями. В



настоящий момент сбор осадка осуществляется на рельеф местности. Из отстойников вода переливается в сборный карман и далее по трубопроводу отводится на скорые фильтры с однослойной загрузкой. Промывная вода отводится на рельеф местности. Очищенная вода после процесса фильтрации вторично хлорируется и поступает в резервуары чистой воды.

Средние показатели качества воды в источнике водоснабжения р. Волги

Но-мер	Наименование показателя	Единицы измерения	Исходная вода. Значения за 2020–2022 гг.
1.	Цветность	градус	33-66
2.	Мутность	мг/дм ³	1-15,1
3.	Вкус, привкус	балл	0 (1)
4.	Запах	балл	0 (1)
5.	Водородный показатель рН	ед. рН	7,95
6.	Жесткость общая	⁰ Ж	4,1
7.	Железо	мг/дм ³	0,70
8.	Аммиак	мг/дм ³	0,50
9.	Сухой остаток	мг/дм ³	327
10.	Окисляемость	мгО/дм ³	8,1-12,5
11.	АПАВ	мг/дм ³	0,025
12.	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,009
13.	Фенол	мг/дм ³	< 0,0005
14.	ОКБ	КОЕ в 100 мл	5000
15.	ТКБ	КОЕ в 100 мл	5000
16.	Споры сульфитредуцирующих клостридий	КОЕ в 10 мл	270
17.	Фитопланктон	кл/мл	достигает значений 70 000

Качество очищенной питьевой воды на ВОС-1 и ВОС-2 в целом соответствует требованиям СанПиН 2.1.3684-21 [2], при этом реальная производительность станций примерно в два раза меньше проектной.

С целью определения состояния водоочистных станций, оценки их надежности и дальнейшей эксплуатации авторами проведено обследование технологической части станций ВОС-1 и ВОС-2 г. Кстово. В ходе обследования выявлены недостатки и нарушения, рассмотренные далее:

1. Со времени пуска в эксплуатацию ВОС-1 и ВОС-2 были изменены нормы проектирования водопроводных очистных сооружений. Во время проектирования и строительства водопроводных станций основным документом являлся сначала СНиП II-Г.1 «Наружный водопровод», потом СНиП II-Г.3-62 «Водоснабжение. Нормы проектирования». С 1974 г. действовал СНиП II-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», с 1985 г. действовал СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». С 2013 г. проектирование сооружений ведется по рекомендациям СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», актуализированного в 2022 г. с введением СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».



Многие положения в части проектирования сооружений водоподготовки отличаются от действовавших ранее.

Согласно табл. 11 СП 31.13330.2021 [3] технологическая схема с осветлителями со слоем взвешенного осадка рекомендована к применению при мутности исходной воды не менее 50 мг/л. На ВОС-1 в качестве первой ступени очистки используются осветлители со слоем взвешенного осадка. Даже в паводок мутность исходной воды не превышает 35 мг/л, поэтому работа этих сооружений не эффективна. В связи с несовершенной работой сооружений первой ступени нагрузка по загрязнению приходится на вторую ступень – скорые фильтры, из-за чего значительно возрастает расход промывной воды, вследствие чего увеличиваются затраты на электроэнергию, ухудшается экологическая ситуация. Возможно ухудшение качества питьевой воды, особенно в паводковый период.

Согласно примечанию 3 к табл. 11 СП 31.13330.2021 [3] на станциях водоподготовки необходимо предусматривать установку микрофильтров, при среднемесечном содержании в воде планктона более 1000 кл/мл (на ВОС-1, ВОС-2 отсутствует блок микрофильтров).

Согласно п. 9.35 СП 31.13330.2021 [3] число смесителей на станции следует принимать не менее двух. На ВОС-1 смесители отсутствуют. Согласно запроектированной технологии роль смесителей выполняют распределительные камеры, в которых не обеспечивается должное перемешивание реагентов с обрабатываемой водой. На ВОС-2 устройство, выполняющее роль смесителя, не эффективно.

Согласно табл. 21 СП 31.13330.2021 [3] определена строгая последовательность и временной разрыв ввода реагентов: сначала осуществляется первичное хлорирование, через 2-3 мин – коагулирование. На ВОС-1, ВОС-2 отсутствует техническая возможность осуществить временной разрыв между вводом окислителя и коагулянта.

Согласно п. 9.4 СП 31.13330.2021 [3] рекомендуется предусматривать повторное использование промывных вод фильтров (на ВОС-1, ВОС-2 промывная вода отводится на рельеф местности).

Согласно п. 9.163 СП 31.13330.2021 [3] осадок от всех отстойных сооружений следует направлять на обезвоживание и складирование с предварительным сгущением (на ВОС-1, ВОС-2 осадок сбрасывается на рельеф местности).

Согласно п. 9.5 СП 31.13330.2021 [3] при проектировании оборудования, арматуры и трубопроводов станции водоподготовки должны быть учтены требования раздела 13 «Размещение оборудования, арматуры и трубопроводов». На ВОС-1, ВОС-2 не были учтены при проектировании и строительстве данные требования, что делает невозможным замену трубопроводов, арматуры на некоторых участках без полной остановки водоочистных станций. На рис. 1 приведен пример расположения задвижки на трубопроводе (ВОС-1).

2. Со времени пуска в эксплуатацию ВОС-1 и ВОС-2 были изменены требования к качеству очищенной воды, подаваемой в систему централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. С введением в 2021 г. новых требований к качеству питьевой воды СанПиН 2.1.3684-21 [2] расширился перечень контролируемых видов микробиологических показателей и установлены жесткие нормативы полного их отсутствия в питьевой воде. Повысились требования к содержанию в питьевой воде органических веществ,



предельно-допустимая величина показателя перманганатной окисляемости ограничена 5 мгО/л, для обеспечения данного норматива на станциях требуется применение повышенных доз реагентов. Также повысились требования к содержанию в питьевой воде остаточного алюминия, предельная концентрация снижена до 0,2 мг/л, что влечет за собой строгое регулирование введения алюминий содержащего коагулянта. Более жесткие требования, предъявляемые к питьевой воде, создали основу для перестройки технологических процессов на более глубокую очистку воды, что не всегда возможно на уже действующих водоочистных станциях.

3. При существующей эксплуатации ВОС-1 и ВОС-2 в полном объеме не осуществляется автоматизация и диспетчеризация основных процессов очистки и обеззараживания воды, контроля качества исходной и очищенной воды, а также расхода реагентов, согласно п. 14.6 СП 31.13330.2021 [3].

4. При обследовании ВОС-1, ВОС-2 выявлено, что физический износ трубопроводов, арматуры, конструкций и сооружений достигает 100 %. Металлические конструкции и трубопроводы имеют коррозионные повреждения. На рис. 2–3 приведены примеры эксплуатируемых трубопроводов и сооружений, которые местами имеют участки со следами сильной коррозии, а также разрушающиеся строительные конструкции.

5. В соответствие с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [4] на ВОС-1, ВОС-2 не соблюдается размер санитарно-защитной зоны от расходного склада хлора, расположенного на территории станций, до жилых и общественных зданий. Следовательно, использование для обеззараживания воды газообразного хлора на ВОС-1 и ВОС-2, расположенных в районах жилой застройки, создает опасность для населения города.

6. Учитывая перспективу развития г. Кстово и возможность увеличения водопотребления, существующих суммарных мощностей ВОС-1, ВОС-2 будет недостаточно для удовлетворения нужд населения. В настоящее время качество очищенной питьевой воды на ВОС-1 и ВОС-2 соответствует требованиям СанПиН 2.1.3684-21 [2] только за счет того, что нагрузка на действующие ВОС снижена, т. е. реальная производительность станции в два раза меньше проектной. При увеличении нагрузки (производительности) возрастает риск необеспечения потребителей качественной и безопасной питьевой водой.

7. В настоящее время для обеспечения населения г. Кстово питьевой водой в необходимых количествах вынуждены работать две станции (ВОС-1 и ВОС-2), территориально расположенные на разных площадках.



Рис 2. Стальной трубопровод на ВОС-1

Рис. 1. Расположение запорной арматуры на трубопроводе (ВОС-1), демонтаж которой невозможен без остановки станции



Рис. 3. Ввод воды в распределительные камеры на ВОС-1

Данная ситуация усложняет эксплуатацию, увеличивает обслуживающий персонал, наблюдается неудобство завоза и хранения расходных материалов. С целью экономии средств и упрощения эксплуатации целесообразно сосредоточить



производство целевого продукта, питьевой воды на одной территориально расположенной площадке.

В результате проведенного обследования авторами сделан вывод, что дальнейшая эксплуатация и реконструкция ВОС-1 и ВОС-2 г. Кстово не целесообразна с технической и экономической точек зрения.

Руководствуясь рекомендациями СП 31.13330.2021 [3], исходным качеством воды в источнике водоснабжения (см. таблицу), а также требованиями к качеству очищенной воды, согласно СанПиН 2.1.3684-21 [2] авторами выполнена разработка предпроектных технологических решений по строительству новой водоочистной станции, производительностью 40 000 м³/сут, с предполагаемым размещением на территории действующей ВОС-2 г. Кстово. Принципиальная технологическая схема представлена на рис. 4. Вариант размещения проектируемых зданий и сооружений на существующей площадке ВОС-2 представлен на рис. 5.

Речная вода от водозабора р. Волги поступает в существующую насосную станцию подкачки сырой воды и далее под необходимым напором подается на микрофильтры. После предварительной очистки на микрофильтрах в воду предусмотрен ввод гипохлорита натрия (первичное окисление), через 2–3 минуты предусмотрен ввод коагулянта, и вода поступает в смесители для смешения реагентов с обрабатываемой водой. Далее вода направляется на первую ступень очистки в горизонтальные отстойники, совмещенные с камерами хлопьеобразования. Первая ступень предназначена для предварительного осветления воды. После отстаивания вода поступает на вторую ступень очистки – скорые фильтры, где доводится до требований, предъявляемых к качеству питьевой воды.

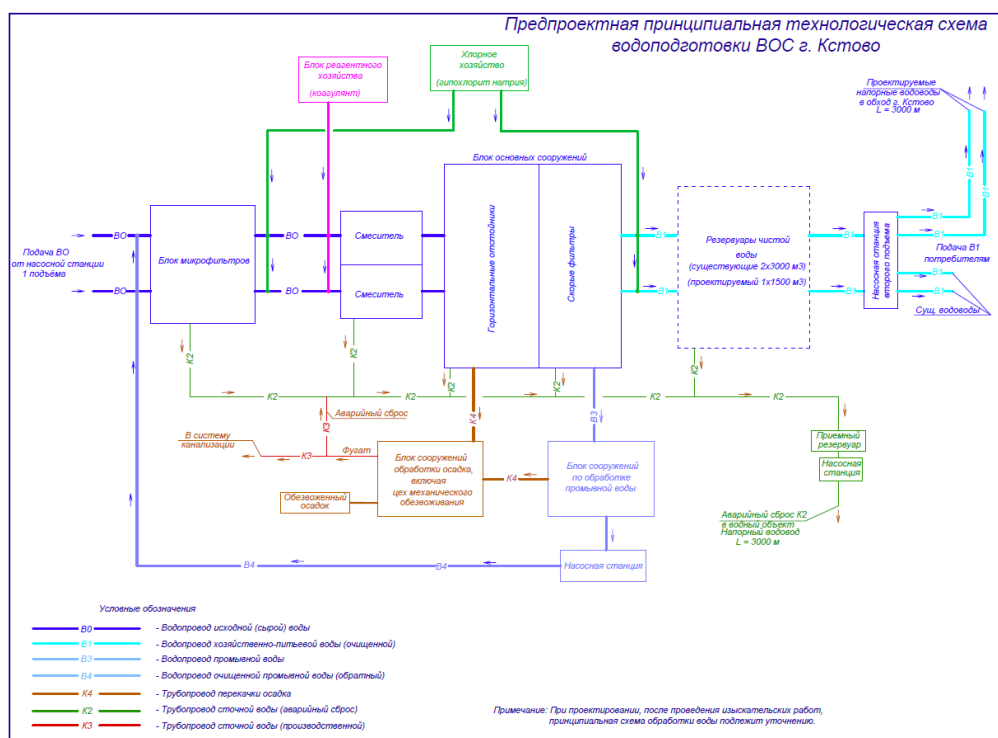


Рис. 4. Предпроектная принципиальная технологическая схема водоподготовки ВОС г. Кстово

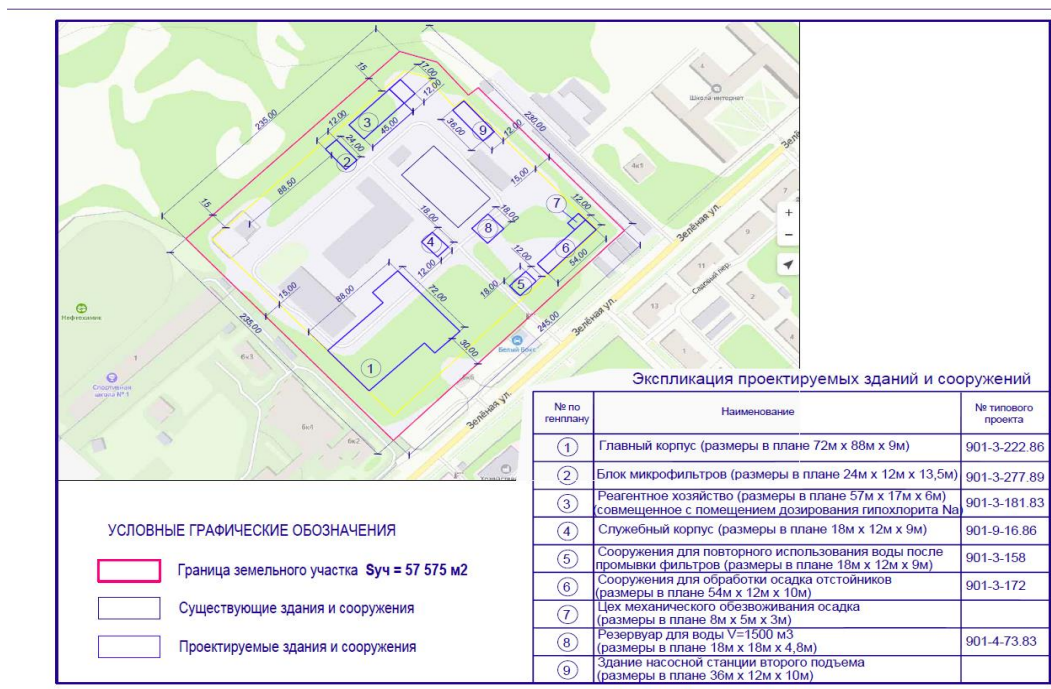


Рис. 5. Вариант размещения проектируемых зданий и сооружений на существующей площадке ВОС-2

После процесса фильтрации вода подвергается вторичному обеззараживанию (вводом гипохлорита натрия) и собирается в резервуарах чистой воды. Предпроектным решением предусмотрено использование двух существующих резервуаров чистой воды $V = 3\,000\text{ м}^3$ каждый, расположенных на территории ВОС-2, и одного вновь проектируемого резервуара чистой воды $V = 1\,500\text{ м}^3$. Из резервуаров готовая к употреблению вода забирается насосами насосной станции второго подъема и по напорным водоводам подается в городскую сеть потребителям. Предпроектным решением предусматривается проектирование двух веток напорных водоводов длиной 3 км в обход г. Кстово для бесперебойной подачи воды всем потребителям.

Предлагаемая технологическая схема водоподготовки предусматривает блок сооружений повторного использования промывных вод скорых фильтров с возвратом очищенной промывной воды в голову очистных сооружений (перед микрофильтрами). Технологией предусматривается обработка осадка горизонтальных отстойников и осадка, образующегося от сооружений по обработке промывной воды. Предложенные технологические решения позволят сократить объем воды, используемый для собственных нужд станции, за счет возврата воды в объеме до 15 % от их общей производительности; а также исключить сброс в водные объекты сточных вод, содержащих нехарактерные для природных водоемов загрязнения, что позволит решить современные экологические требования, предъявляемые к функционированию водопроводных станций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 2761-84. Межгосударственный стандарт Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и



правила выбора : межгосударственный стандарт : утвержден Постановлением Госстандарта СССР от 27 ноября 1984 N 4013 : дата введения 1986-01-01 : [редакция от 01 июня 1988]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

2. СанПиН 2.1.3684-21 : Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. N 3 : [редакция от 14.02.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

3. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Минстроя России от 27 декабря 2021 N 1016/пр : актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – дата введения 28 января 2022 г. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов : постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25.09.2007 г. N 74 : [редакция от 28.02.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

VASILEV Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; VOROBYOVA Ekaterina Vladimirovna, senior teacher of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

MODERNIZATION OF THE WATER TREATMENT PLANT IN THE CITY OF KSTOVO

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel: +7 (831) 430-54-87;
e-mail: k_viv@nngasu.ru

Key words: drinking water, water treatment plant, coagulation, mixer, clarifier with a layer of suspended sediment, filtration, rapid filter, washing water, sediment.

The article considers a possibility of further operation of two water treatment plants in Kstovo. Violations during the operation of water treatment plants are identified and presented, as well as physical wear of pipelines and building structures at the stations is shown. A pre-design technological solution has been developed and proposed for the construction of a new water treatment plant with a capacity of 40,000 m³/day, with a proposed location on the territory of one of the existing water treatment plants in Kstovo.

REFERENCES

1. GOST 2761-84. Istochniki tsentralizovannogo khozyaystvenno-pitevogo vodosnabzheniya. Gigienicheskie, tekhnicheskie trebovaniya i pravila vybora [Sources of centralized household and drinking water supply. Hygienic, technical requirements and selection rules] : mezhgosudarstvenny standart : utverzhdyon Postanovleniem Gosstandarta



SSSR от 27 ноябрия N 4013 : data vved. 1986-01-01 : [red. ot 01 iyunya 1988]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

2. SanPiN 2.1.3684-21 : Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu gorodskikh i selskikh poseleniy, k vodnym obektam, pitevoy vode i pitevomu vodosnabzheniyu, atmosfernomy vozdukhу, pochvam, zhilym pomescheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh obschestvennykh pomescheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy [Sanitary and epidemiological requirements for the territory maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures] : postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 g. N 3 : [red. ot 14.02.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

3. SP 31.13330.2021. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Water supply. Outdoor networks and structures] : svod pravil : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Ministroya Rossii ot 27 dekabrya 2021 N 1016/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.04.02-84*. – Data vved. 28 yanvary 2022 g. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

4. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitarno-zaschitnye zony i sanitarnaya klassifikatsiya predpriyatiy, sooruzheniy i inykh obektov [Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects] : postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 25.09.2007 g. N 74 : [red. ot 28.02.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

© **А. Л. Васильев, Е. В. Воробьева, 2023**

Получено: 16.03.2023 г.