

Пути использования вторичных ресурсов при производстве древесно-волоконистых плит

Предложена усовершенствованная схема процесса очистки воды и возврата концентрата воды для его вторичного использования в производстве древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF. Представлена технологическая схема очистки воды, применяемая на деревообрабатывающем предприятии, исследованы показатели ее качества на всех этапах очистки, проведен расчет ожидаемого экономического эффекта



М.В. Шевцова¹

УО «Витебский государственный технологический университет» (УО ВГТУ),
канд. техн. наук, доцент,
mshevtsova1@mail.ru

Е.А. Шеремет¹

УО ВГТУ,
канд. техн. наук, доцент

С.О. Суходолова²

ОАО «Витебскдрев»

И.М. Грошев³

ОАО «Витебскдрев»,
канд. техн. наук, доцент,
groshv.i@vitebskdrev.com

¹ доцент, г. Витебск, Республика Беларусь

² г. Витебск, Республика Беларусь
³ начальник Центральной заводской лаборатории, г. Витебск, Республика Беларусь

Для цитирования: Шевцова М.В., Шеремет Е.А., Суходолова С.О., Грошев И.М. Пути использования вторичных ресурсов при производстве древесно-волоконистых плит // Компетентность / Competency (Russia). — 2023. — № 9–10. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-9-54-59

ключевые слова

ресурсы, очистка воды, показатели качества, экономия ресурсов

Исследования имеют практическую значимость для обеспечения рационального водопользования и сокращения загрязнения водных ресурсов предприятиями деревообрабатывающей отрасли.

В процессе хозяйственной деятельности ресурсы занимают одно из центральных мест, поэтому вопрос ресурсосбережения и определения их оптимального соотношения на предприятии остается всегда актуальным [1].

При производстве продукции неизбежно образуются отходы сырья, материалов или иные продукты, которые становятся вторичными ресурсами и после дополнительной переработки либо без таковой могут быть снова использованы. Рациональное отношение к вторичным ресурсам деревообрабатывающей промышленности имеет в виду как повышение эффективности комплексной переработки древесины, так и уменьшение загрязнения окружающей среды производственными отходами [2]. Проблема их переработки была рассмотрена в ряде исследований [3–7], но касалась вторичного использования только древесных отходов.

Объем утилизируемых вторичных ресурсов лесопромышленного комплекса пока еще значительно меньше общего объема образующихся отходов. Абсолютное большинство вторичных ресурсов используется в ограниченных объемах для получения полезной продукции, а некоторые из них до сих пор не включены в хозяйственный оборот.

В настоящее время востребованными для производства ряда потребительских товаров и в строительной отрасли являются древесно-волоконистые плиты, изготовленные по сухому методу MDF. Такая плита представляет собой продукт из древесины, изготов-

ливаемый расщеплением на древесные волокна в дефибрирующем агрегате, смешиванием их с клеевым связующим и формированием панелей с помощью прессования при высокой температуре и давлении [8]. Согласно требованию ТНПА [9–12] древесно-волоконистые плиты, изготовленные по сухому методу MDF, выпускаются толщиной от 4 до 44 мм.

Технологический процесс производства плит представлен на рис. 1. Анализ технологического процесса производства древесно-волоконистых плит по сухому методу производства MDF на предприятии N позволил выявить виды образующихся отходов и дальнейшие действия с ними (табл. 1).

Сжигание твердых древесных остатков осуществляется на самом предприятии для получения тепловой энергии для собственных нужд. Отметим, что нерешенной проблемой является необходимость утилизации опасных отходов, в частности карбамидоформальдегидной смолы, что влечет за собой экономические затраты и загрязнение подземных и поверхностных вод, негативно влияет на окружающую природную среду.

Другой нерешенной проблемой остается концентрат воды, образующийся при производстве плит, который по содержанию примесей не подходит для вторичного использования и несет дополнительную нагрузку при переработке сточных вод на водоочистных сооружениях.

Цель настоящего исследования — изучение возможности использования концентрата воды для производства плит после соответствующей очистки.

Технологическим регламентом в производстве плит предусматривается применение воды, которая ис-

пользуется для приготовления клевого связующего и в парообразном состоянии для размола щепы на древесные волокна. Вода поступает в цех из скважин неочищенной, характеризуется повышенным содержанием железа, солей и других примесей, а также отличается повышенной жесткостью. Большое содержание этих элементов приводит к увеличению общей доли сухого остатка клеевой композиции и нарушению технологического процесса.

При размоле щепы для ее пропаривания и получения мелкодисперсного древесного волокна применяется парогенератор. Из-за использования неочищенной воды с повышенной жесткостью на стенках и трубках парогенератора появляется накипь, что впоследствии приводит к образованию коррозии, быстрому износу оборудования, а также к дополнительным экономическим затратам на выработку и подачу пара. Кроме того, высокое значение показателя общего солевого содержания в воде повышает электропроводность, что приводит к срабатыванию автоматики и аварийной остановке линии по производству плит. Для снижения негативного влияния неочищенной воды на оборудование и поддержание его в работоспособном состоянии предусматривается ее очистка от примесей и солей.

Технологическая схема очистки воды состоит из следующих этапов:

1. Очистка воды, взятой из скважины, от соединений железа и марганца, снятие цветности, устранение мутности,

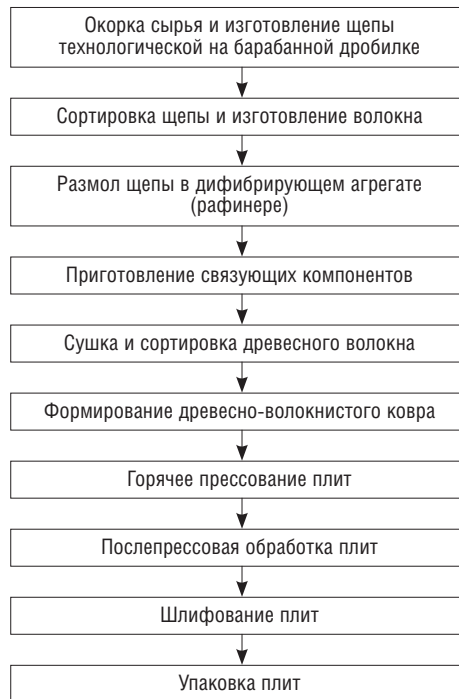


Рис. 1. Технологический процесс производства древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF [Technological process for the production of fiberboards using the dry MDF method]

дегазация диоксида углерода и сероводорода и доведение ее до соответствия требованиям, установленным санитарно-эпидемиологическими нормативными документами [13]. На предприятии для этих целей применяется контейнерная станция водоподготовки «Кристалл-НК».

Избыточное содержание железа и марганца придает воде буроватую окраску, вызывает засорение водопроводных сетей, служит причиной брака продукции на предприятиях. В напор-

Таблица 1

Характеристика отходов, образующихся на предприятиях [Characteristics of waste generated at the enterprises]

Наименование отходов [Name of waste]	Этап образования [Stage of formation]	Дальнейшее движение [Further traffic]
Отходы от сортировки щепы	Участок сортировки щепы	Сжигание
Шлам от обработки разнородной древесины	Формирование ковра	Сжигание
Кора	Участок окорки древесины	Сжигание
Срезки (отходы от раскроя)	Линия обрезки	Реализация населению
Отходы плиты MDF (куски, обрезки)	Участок сортировки плиты	Упаковка, реализация населению
Пыль шлифовальная	Линия обрезки, шлифовки	Сжигание
Смола карбамидоформальдегидная	Линия клееприготовления	Захоронение
Концентрат воды	Водоподготовка, обратный осмос	Сброс в центральную городскую канализацию

Абсолютное большинство вторичных ресурсов используется в ограниченных объемах, а некоторые из них до сих пор не включены в хозяйственный оборот

ных фильтрах станции водоподготовки «Кристалл-НК» применяется технологическая схема обработки воды методом упрощенной аэрации и фильтрования исходной воды с предварительным насыщением кислородом воздуха. Исходная вода из артезианских скважин проходит через сетчатый фильтр (грязевик), который предотвращает засорение системы песком, выносимым из скважин, или иными крупными взвешенными веществами. Метод упрощенной аэрации основан на окислении ионов двухвалентного железа и марганца, задержании образующихся соединений в толще загрузки фильтра.

2. Умягчение воды, оно осуществляется методом натрий-катионирования при фильтровании ее через слой ионообменной смолы. Исходная вода поступает на установку умягчения и в направлении сверху вниз протекает через ионообменную смолу, которая располагается в корпусе. При этом создающие жесткость ионы кальция и магния

обмениваются на растворимые в воде ионы натрия. Образующаяся в результате этого умягченная вода поступает на производство.

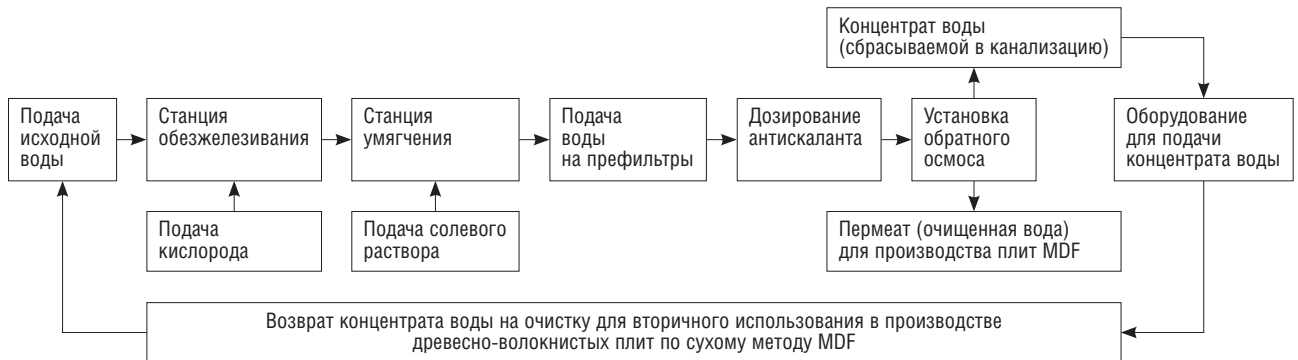
В установках используются сильнокислотные смолы. Регенерация ионообменной смолы производится поваренной солью автоматически, с заданной периодичностью. Применение установок умягчения воды обеспечивает качество умягченной воды до значения общей жесткости не более 100 мкг-экв/л. Однако это не является достаточным для производства плиты.

3. Установка обратного осмоса предназначена для более глубокого умягчения воды — до значения общей жесткости на выходе не более 40 мкг-экв/л и pH в пределах 5,0–6,5. Обратный осмос способен удалить из воды частицы размерами 0,001–0,0001 мкм. В этот диапазон попадают сульфаты, нитраты, ионы натрия и др.

В процессе обратного осмоса образуется два непрерывных потока на выходе: пермеат (очищенная вода) и концентрат воды. Нормальным считается процент выхода пермеата до 80 % от исходного потока. В среднем степень удаления растворенных солей составляет 95–99 % от исходной концентрации в воде. Пермеат идет на производство древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF, а концентрат воды сбрасывается в городские очистные сооружения.

Таблица 2
Показатели качества воды [Water quality indicators]

Наименование показателя [Name of indicator]	Допустимое значение при подаче воды на установку для умягчения [Permissible value when supplying water to softening unit]	Фактическое значение до подачи воды на установку для умягчения [Actual value before supplying water to softening unit]	Фактическое значение после подачи воды на установку для умягчения [Actual value after supplying water to softening unit]	Допустимое значение при подаче воды на обратный осмос [Permissible value when supplying water to reverse osmosis]	Фактическое значение пермеата (очищенная вода) [Actual permeate value (purified water)]	Фактическое значение показателей концентрата воды [Actual value of water concentrate indicators]
Электропроводность, мксм/см	–	877	864	–	11,49	1932
Общее содержание, мг/дм ³	не более 1000	453	429	–	9,78	968
Жесткость, мкг-экв/л	не более 15000	9200	45	не более 180	6	200
Щелочность, мг/л	0/7,0–7,5	0/7,2	0/7,1	–	–	–
pH	7,0–8,0	7,1	7,1	7,0–7,5	5,7	7,8
Железо общее, мг/л	не более 0,5	0,17	0,17	не более 0,3	0,12	0,12



После каждого этапа ежедневно проводится лабораторный анализ качества воды. В табл. 2 представлены его результаты.

Среднесуточное потребление воды на предприятии N при производстве древесно-волоконистых плит MDF составляет 360 м³, при этом концентрата воды после обратного осмоса образуется около 100 м³ в сутки, что составляет 27,7 % от суточной потребности в воде. В целях экономии средств и сбережения природных ресурсов нами была рассмотрена возможность повторного использования этого вида воды в технологических целях.

Усовершенствованная схема процесса очистки воды и возврата ее концентрата, ранее сбрасываемого в канализацию, для вторичного использования в производстве древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF представлена на рис. 2.

В работе был проведен анализ качества воды, полученной при смешивании исходного продукта из скважины и концентрата после обратного осмоса в соотношении — 72,3 % и 27,7 % соответственно. Данные лабораторного анализа показателей качества такой смеси представлены в табл. 3. Результаты исследований показывают, что возврат концентрата воды после обратного осмоса возможен в полном объеме для вторичного использования в производстве древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF, так как показатели качества смеси воды (72,3/27,7 %) находятся в допустимых пределах.

Возврат концентрата воды после обратного осмоса в полном объеме позволяет решить вопрос ресурсосбережения и промышленной экологии, которые на сегодняшний день являются одним из условий развития предприятий и отрасли в целом.

Рис. 2. Схема процесса очистки воды и возврата концентрата воды для вторичного использования в производстве древесно-волоконистых плит по сухому методу MDF [Scheme of the process of water purification and return of water concentrate for recycling in the production of fiberboards using the dry MDF method]

Таблица 3

Анализ качества смеси вод (исходная вода 72,3% + концентрат воды (после обратного осмоса) 27,7%)
[Water mixture quality analysis (source water 72.3% + water concentrate (after reverse osmosis) 27.7%)]

Наименование показателя [Name of indicator]	Допустимое значение при подаче воды на установку для умягчения [Permissible value when supplying water to softening unit]	Фактическое значение показателей концентрата воды [Actual value of water concentrate indicators]	Фактическое значение исходной воды до подачи на установку для умягчения [Actual value of source water before supplying to softening unit]	Фактическое значение смеси воды (72,3/27,7%) до подачи на установку для умягчения [Actual value of water mixture (72.3/27.7%) before supplying to softening unit]
Электропроводность, мксм/см	–	1932	877	1147
Общее солесодержание, мг/дм ³	не более 1000	968	453	786
Жесткость общая, мкг-экв/л	не более 15000	200	9200	8920
Щелочность, мг/л	0/7,0–7,5	0/7,2	0/7,1	0/7,1
pH	7,0–8,0	7,8	7,1	7,5
Железо общее, мг/л	не более 0,5	0,12	0,12	0,12

справка

Одной из ведущих отраслей экономики Республики Беларусь является деревообрабатывающая отрасль. В стране действует более 2,5 тысяч деревообрабатывающих предприятий разных форм собственности, около 50-ти из которых входят в состав концерна «Беллесбумпром». Деятельность предприятий концерна в настоящее время охватывает три сектора: деревообработка, создание мебели и целлюлозно-бумажное производство. Сектор деревообработки включает в себя изготовление древесных плит (ДСП, ДВП, МДФ/ХДФ), напольных ламинированных покрытий, фанеры, спичек, строительных конструкций, окон, дверей, домов и древесного топлива, а также пиломатериалов, погонажных и иных изделий

*Статья поступила
в редакцию 20.06.2023*

По итогам исследований проведен расчет ожидаемого экономического эффекта, который должен быть получен за счет:

- ▶ экономии материальных затрат на использование исходной воды (из скважины);
- ▶ уменьшения оплаты предприятием за сброс концентрата воды (после обратного осмоса) в городскую канализацию.

С учетом среднего расхода воды из скважины по цеху MDF (360 м³ в сутки) по действующему тарифу (1,16 бел. руб. за 1 м³ на декабрь 2022 г.) затраты предприятия на получение воды в сутки составляют 417,6 бел. руб. За счет возврата 100 м³ концентрата воды (после обратного осмоса), объем исходной воды уменьшается до 260 м³, что в стоимостном выражении составит 301,6 бел. руб., и, следовательно, экономия денежных средств составит 116 бел. руб. за один день работы цеха.

Суточная стоимость сброса концентрата воды по действующему тарифу (1,44 бел. руб. за 1 м³ на декабрь 2022 г.) составляет 144 бел. руб. При полном использовании концентрата воды для вторичного применения в производстве эти денежные средства остаются в распоряжении предприятия.

За год, при пятидневной рабочей неделе, ожидаемый годовой экономический эффект от возврата концентрата воды для производства древесно-волоконной плиты MDF составит в целом 66 300 бел. руб.

Технически внедрение данного предложения легко реализуемо и не требует больших материальных затрат. Минимальные затраты для предприятия будут связаны только с приобретением дополнительного оборудования, это: датчик уровня ОВЕН ПДУ-2.1, контактор Schneider Electric 18068DEK, реле Relpol RM85-3011-35-1024, клапан обратный пружинный Giacomini R60Y008, насос IBO MH 2500, труба полипропиленовая, $d = 50$ мм, дисковый затвор. Общая сумма затрат в ценах декабря 2022 г. на приобретение указанного оборудования составила 1335 бел. руб.

С учетом закупки необходимого оборудования ожидаемый годовой экономический эффект в первый год реализации мероприятия от возврата концентрата воды составит 64 965 бел. руб.

Таким образом, рациональное водопользование на производстве, помимо экономического эффекта, влечет за собой сокращение загрязнения водных ресурсов и сохранение их качества. ■

Список литературы

1. Литвиненко В.С., Жукова К.Е. // Наука и образование в XXI веке: сб. науч. трудов по материалам Межд. науч.-практ. конф. Ч. 1. — Тамбов: Юком, 2017.
2. Римшин В.И. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Материалы. Конструкции. Технологии». — 2018. — № 2.
3. Карпина Н.Н. // Журнал правовых и экономических исследований. — 2021. — № 2.
4. Безруких Ю.А., Мохирев А.П., Медведев С.О. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3. — № 9-2. DOI: 10.12737/16468.
5. Groshew I.M., Герасимович Е.М. // Технология и техника лесной промышленности: тезисы докладов 80-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с межд. участием). — Минск: БГТУ, 2016.
6. Радюк А.Н., Козлова М.А., Буркин А.Н. // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь: материалы Межд. науч.-практ. симпозиума. — Витебск: ВГТУ, 2020.
7. Радюк А.Н., Дойлин Ю.В., Буркин А.Н., Тарутько К.И. // Сб. науч.-практ. конф. «Смолы-2020». — Витебск: ВГТУ, 2021.
8. Руднов В.С., Владимирова Е.В., Доманская И.К., Герасимова Е.С. / Под общ. ред. доц., к.т.н. И.К. Доманской. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2018. ISBN 978-5-7996-2352-4.
9. СТБ EN 622-5-2009. Плиты древесно-волоконистые. Технические требования. Ч. 5. Требования к плитам, изготовленным по сухому методу (MDF). — Минск: Госстандарт, 2009.
10. ТУ ВУ 300187428.005-2022. Плиты древесно-волоконистые, изготовленные по сухому методу. — ОАО «Витебскдрев», 2022.
11. СТБ EN 14322-2019. Плиты древесные. Плиты, облицованные пленками, пропитанными меламиновыми смолами, для внутренней отделки. Определение, требования и классификация. — Минск: Госстандарт, 2019.
12. ТУ ВУ 300187428.006-2022. Плиты древесно-волоконистые, изготовленные по сухому методу. — ОАО «Витебскдрев», 2022.
13. СанПиН 10-124. РБ 99. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
14. ТУ ВУ 190351290.004-2010. Руководство по эксплуатации. Паспорт. Инструкция по монтажу и обслуживанию установки обратного осмоса EBC ОО 15300.

Ways to Use Secondary Resources in the Fiberboards Production

M.V. Shevtsova¹, El Vitebsk State Technological University (El VSTU), Assoc. Prof. PhD (Tech.), mshevtsova1@mail.ru

E.A. Sheremet¹, El VSTU, Assoc. Prof. PhD (Tech.)

S.O. Sukhodolova², OJSC Vitebskdrev

I.M. Groshev³, OJSC Vitebskdrev, Assoc. Prof. PhD (Tech.), groshev.i@vitebskdrev.com

¹ Associate Professor, Vitebsk, Republic of Belarus

² Vitebsk, Republic of Belarus

³ Head of Central Factory Laboratory, Vitebsk, Republic of Belarus

Citation: Shevtsova M.V., Sheremet E.A., Sukhodolova S.O., Groshev I.M. Ways to Use Secondary Resources in the Fiberboards Production, *Kompetentnost' / Competency (Russia)*, 2023, no. 9–10, pp. 54–59. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-9-54-59

key words

resources, water purification,
quality indicators, resource savings

The subject of the study was the concentrate of water, which is formed as a waste in the production of fiberboards. We have studied the possibility of reusing water concentrate in the production of boards using the dry MDF method after appropriate cleaning. In the paper we have presented the technological scheme of water purification used at a woodworking enterprise, and have studied the indicators of its quality at all stages of purification. An improved scheme for the process of water purification and return of the water concentrate for its secondary use in the production of fiberboards using the dry MDF method is proposed. We have carried out an analysis of the quality indicators of the mixture of source water used at the enterprise with the concentrate. Compliance of water mixture quality indicators with the requirements of sanitary rules and norms was established. The calculation of the expected economic effect from the recycling of water concentrate was carried out.

We believe that these studies are of practical importance for woodworking enterprises in order to ensure rational water use and reduce pollution of water resources.

References

1. Litvinenko V.S., Zhukova K.E., *Science and education in the XXI century: col. of sc. proceedings on materials of Int. sc. and pract. conf., part 1*, Tambov, Yukom, 2017, pp. 90–92.
2. Rimshin V.I., *Bulletin of Volga Region State Technological University. Series Materials. Constructions. Technologies*, 2018, no. 2, pp. 98–99.
3. Karpina N.N., *Journal of legal and economic studies*, 2021, no. 2, pp. 167–171.
4. Bezrukikh Yu.A., Mokhirev A.P., Medvedev S.O., *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2, pp. 209–213. DOI: 10.12737/16468.
5. Groshev I.M., Gerasimovich E.M., *Technology and equipment of the forest industry: abstracts of reports of the 80th sc. and tech. conf. of teaching staff, researchers and postgraduates (with int. participation)*, Minsk, BSTU, 2016, pp. 62–63.
6. Radyuk A.N., Kozlova M.A., Burkin A.N., *Progressive technologies and equipment: textiles, clothing, footwear: materials of Int. sc. and pract. symposium*, Vitebsk, VSTU, 2020, pp. 150–154.
7. Radyuk A.N., Doylin Yu.V., Burkin A.N., Tarut'ko K.I., *Col. of sc. and pract. conf. Resins-2020*, Vitebsk, VSTU, 2021, pp. 72–74.
8. Rudnov V.S., Vladimirova E.V., Domanskaya I.K., Gerasimova E.S., gen. ed. by Assoc. Prof. PhD (Tech.) I.K. Domanskaya, *Ekaterinburg, Ural University publishing house*, 2018, 203 P. ISBN 978-5-7996-2352-4.
9. STB EN 622-5–2009 Fiberboards. Technical requirements. Part 5. Requirements for boards made by dry method (MDF), Minsk, *Gosstandart*, 2009, 30 P.
10. TU BY 300187428.005–2022 Fiberboards made by dry method, *OJSC Vitebskdrev*, 2022, 10 P.
11. STB EN 14322–2019 Wood boards. Boards lined with melamine resins impregnated films for interior decoration. Definition, requirements and classification, Minsk, *Gosstandart*, 2019, 13 P.
12. TU BY 300187428.006–2022 Fiberboards made by dry method, *OJSC Vitebskdrev*, 2022, 9 P.
13. SanPiN 10-124. RB 99 Sanitary rules and regulations. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control.
14. TU BY 190351290.004–2010 Manual. Passport. Installation and maintenance instructions for reverse osmosis unit EWS OO 15300.