

УДК 614.8.084

DOI: 10.46548/21vek-2020-0952-0027

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

© 2020

**Фаюстова Юлия Анатольевна**, главный специалист по охране труда,  
филиал «Мордовский» ПАО «Т Плюс» ОП Пенза  
(440022, Пенза, ул.Новочеркасская, 1, e-mail: ylechka@mail.ru)  
**Красная Елена Геннадьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Биотехнология и техносферная безопасность»  
Пензенский государственный технологический университет  
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11 e-mail: krasna-elena@mail.ru)

**Аннотация.** Для создания благоприятной, безопасной среды для жизни человека и животных актуальна проблема недостаточного контроля природных вод и больших объемов загрязнённых сбросов. Поэтому важно совершенствовать производственные процессы, связанные с применением воды, что и явилось целью проведённых исследований. При этом изучены технологические процессы подготовки воды, на энергетическом производстве, для подпитки энергетических котлов и тепловой сети, положительные практики внедрения новых технологий; исследован состав сточных вод. Анализ данных по современным методам очистки сточных вод от содержащихся в них нефтепродуктов, ионов железа, фосфатов и др. веществ, проведение структурного исследования по имеющимся на изучаемом предприятии способам очистки перед сбросом показал необходимость изменения технологической схемы на подпитку тепловой сети с применением ионного обмена. Один из важных недостатков этой технологии очистки воды – большие объёмы водопользования и сточных вод. Предложено техническое решение, способствующее уменьшению этих объёмов. Технология внедрена и работает на Пензенской ТЭЦ-2, включает применение оксихлорида алюминия в качестве флокулянта и коагулянта и ультрафиолетовое излучение для обеззараживания. Кроме уменьшения объёмов, улучшились показатели качества производственных и сточных вод, особенно в паводковый период. Также положительно изменились технико-экономические показатели предприятия, показатели безопасности труда, охраны здоровья, культуры производства.

**Ключевые слова:** подготовка воды для энергетического производства, сточные воды, способы очистки, уменьшение воздействия на окружающую среду и человека, модернизированная водоподготовительная установка подпитки теплосети.

**THE ANALYSIS OF WATER TREATMENT TECHNOLOGIES IN ENSURING THE LIFE SAFETY**

© 2020

**Fayustova Yulya Anatolyevna**, chief specialist on labor protection,  
branch "Mordovsky" public joint stock company "T Plus" separate division Penza  
(440022, Penza, Novocherkasskaya street, 1, e-mail: ylechka@mail.ru)  
**Krasnaya Elena Gennadyevna**, candidate of Technical Sciences  
associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security  
Penza state University of technology  
(440039, Russia, Penza, Baidukova passage/Gagarin street, 1A / 11, e-mail: krasna-elena@mail.ru)

**Abstract.** The problem is actual insufficient control of natural waters and large volumes of polluted discharges to create a favorable, safe environment for human and animal life. Researchers should improve production processes related to the use of water. This was the purpose of the research. Technological processes of water preparation at power production for power boilers and heat network recharge, positive practices of new technologies introduction are studied. The authors studied the composition of wastewater. The analysis of data, carrying out a structural study on the existing methods of treatment at the studied enterprise before discharge showed the need to change the technological scheme for feeding the heat network with the use of ion exchange using modern methods of wastewater treatment from petroleum products, iron ions, phosphates, and other substances contained in them. Large volumes of water use and waste water are identified as one of the important drawbacks of this water treatment technology. A technical solution has been proposed. It helps to reduce these volumes. The technology is implemented and works at Penza CHPP-2. It includes the use of aluminum oxychloride as a flocculant and coagulant, and ultraviolet radiation for disinfection. In addition to reducing volumes, the indicators improved the quality of production and waste water, especially during the flood period. Also, the technical and economic indicators of the enterprise, indicators of labor safety, health protection, and production culture indicators have improved.

**Keywords:** water treatment for energy production, waste water, treatment methods, reduction of impact on the environmental and human, modernized water treatment plant for heating network recharge.

**Введение.** С каждым годом нарастает потребление водных ресурсов при осуществлении различных технологических процессов. Чистая вода в водном объекте для современной цивилизации – почти экзотическое понятие. Водные ресурсы имеют важное значение для обеспечения санитарно-гигиенической безопасности населения [1, с.2-3], что тем более актуально в современной эпидемиологической обстановке.

Запасы пресной воды в возобновляемых источниках определяют возможности борьбы с болезнями, снижения смертности, достижения санитарно-гигиенической безопасности.

К 2050 году потребность в воде возрастет на 55%. На всемирном экологическом форуме было представлено обоснование вероятности глобального водного кризиса [2, с.13]. В условиях увеличивающейся напряженности обеспеченности водными ресурсами важной особенностью использования воды является нацеливание на минимальное водопользование и сведение к минимуму воздействий на водные объекты и человека.

Поэтому основной целью описываемого в статье исследования явилась разработка технических мероприятий по снижению воздействий на человека и окружающую среду технологического процесса подготовки воды на энергетическом предприятии как активного водопользователя, с анализом части системы экологического менеджмента (экологического мониторинга) и некоторых показателей состояния охраны труда.

Материалы и результаты исследования. Работа проводилась с применением основных методов: поэтапного исследования процессов подготовки воды для энергетического производства на основе теоретических основ защиты гидросферы, качественного и количественного химического анализа сточных вод, математических методов статистической обработки данных. Для достижения поставленной цели в ходе работы изучен технологический процесс производства добавочной воды на энергетическом производстве, положительные практики внедрения новых технологий. Оборудование для химического анализа: спектрофотометр, ФЭК, рН-метр, кондуктометр и др.. Статистическая обработка данных при помощи программного обеспечения Excel.

Пензенская ТЭЦ-2, как и большинство электростанций, предназначена для производства электрической энергии и тепловой энергии в виде пара и горячей воды. Установленная электрическая мощность станции небольшая – 16 МВт. Ключевым материалом в данном технологическом процессе является вода. От ее качества, и эффективности проведения мониторинга проб в контрольных точках, зависит эффективность процесса в целом [3, с.30-33] и отдельных его составляющих (техничко-экономических, экологических) показателей. А также безопасности персонала и надёжности процесса и непрерывного производства качественного продукта [4, с.205]. Поэтому, контроль в области изменения состава природных вод, сведения

к минимуму причин, влекущих за собой указанные изменения, одна из стратегических задач предприятий, связанных с водой и производственными процессами [5, с.420]. Для этого ведется природоохранная деятельность, направленная на сохранение, правильное использование, восстановление и преумножение природных ресурсов нашей страны, в том числе водных [6, с.48]. При этом разрабатываются, планируются, осуществляются, анализируются:

- качественно-количественные характеристики природоохранных мероприятий (метод, способ, установки, оборудование), режим их эксплуатации;
- методы и средства контроля функционирования и эффективности мероприятий;
- эколого-экономическая эффективность планируемых природоохранных мероприятий;
- остаточное воздействие объекта после реализации планируемых природоохранных мероприятий и возможности его снижения [7, с.158].

На предприятии существуют два выпуска сточных вод. Часть производственных сточных вод от продувки энергетических котлов и продувки осветлителей предварительной очистки отводятся в отстойники-шламоотвалы. Очищенные сточные воды из отстойников сбрасываются самотёком по трубе в бывшее русло (б.р.) реки Мойка (рис. 1). Расстояние от места сброса до р. Суры – 1 км.

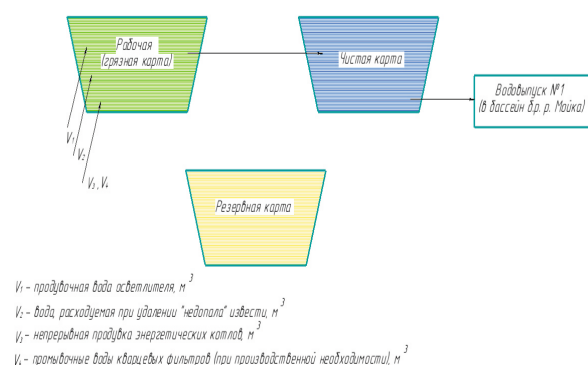


Рисунок 1 – Потоки сточных вод Пензенской ТЭЦ-2, сбрасываемые после очистки в б.р. реки Мойка

Река Мойка относится к рыбохозяйственным водоемам второй категории. Данные по предельно-допустимой концентрации (ПДК) нормируемых загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, приняты по [8, с.10], [9].

Выше описан только один из сбросов – в реку Мойка. Существует также второй выпуск вод от хозяйственной деятельности Пензенской ТЭЦ-2 в сети городской канализации. На предприятии организован мониторинг загрязнений, в том числе сточных вод. В числе важных контрольных точек - водовыпуск сточных вод 1, 2 после разных технологических операций. В работе анализировались сточные воды по различным качественным и количественным показателям. Установлена динамика изменений показателей за последние несколько лет.

На рисунке 2, к примеру, можно наглядно увидеть

динамику содержания фосфатов в сточной воде сбросов сточных вод водовыпуска № 1 за 2014-2018 гг.

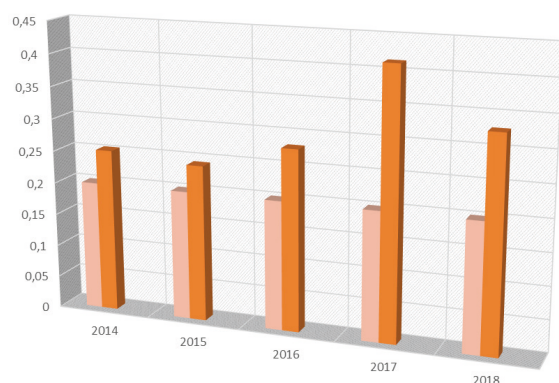


Рисунок 2 – Динамика содержания фосфатов в сточной воде (водовыпуск № 1) по сравнению с установленной ПДК (0,200 мг/л – левый столбец) за последние пять полных лет

Содержание фосфатов в воде, вероятно, обусловлено наличием их в технической воде, а также в воде от продувки основного оборудования, т.к. в котловую воду дозируется тринатрийфосфат.

Рисунок 3 демонстрирует изменения, связанные с присутствием нефтепродуктов в сточной воде (присутствующих главным образом после попадания с технической водой, после утечек в маслосистемах насосов и другого оборудования).

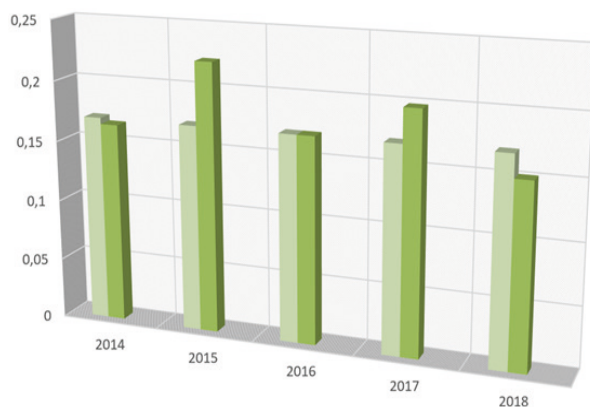


Рисунок 3 – Динамика содержания нефтепродуктов в сточной воде (водовыпуск № 2) по сравнению с установленной ПДК (0,17 мг/л – левый столбец каждого года) за 2014-2018 гг.

Существующая флотаторная установка рассматриваемого предприятия, основной функцией которой является удаление нефтепродуктов из сточных вод, требует ремонта, к тому же её эффективность невысока. По некоторым другим показателям – железу, хлоридам, pH и др. – также велся и ведётся мониторинг, обработаны данные за последние пять лет, построены диаграммы, отражающие динамику, в соответствии с которой прослеживается необходимость менять методы защиты гидросферы, поскольку велика плата за сброс, велика техногенная нагрузка на гидросферу. Кроме того, устаревшее оборудование ненадёжно, и поэтому может опасно влиять на персонал. Так как во-

допользование больших объёмов и большие объёмы стоков приходится на схему подпитки тепловой сети, акцент исследований сделан именно в данном направлении.

При разработке мероприятий целесообразнее не устанавливать локальные очистные сооружения, требующие к тому же дополнительного персонала, а изменить технологическую схему подготовки воды таким образом, чтобы свести к минимуму негативное воздействие.

Предложенное техническое решение, по уменьшению воздействий от подготовки воды на Пензенской ТЭЦ-2, связано с изменением технологической схемы. Авторы работы принимали непосредственное участие в апробации этого технического решения (некоторых методик проведения мониторинга вод с изменившимся составом). В настоящее время технология полностью апробирована и внедрена на предприятии.

Была проанализирована динамика изменения объёмов сточных вод до и после введения изменений в технологии. Изменённая технологическая схема с уменьшением объёмов сточных вод приводит к уменьшению количества сбрасываемых загрязняющих веществ. Наглядно это можно увидеть на графиках рисунках 4, 5 по рассчитанным годовым объёмам сточных вод.

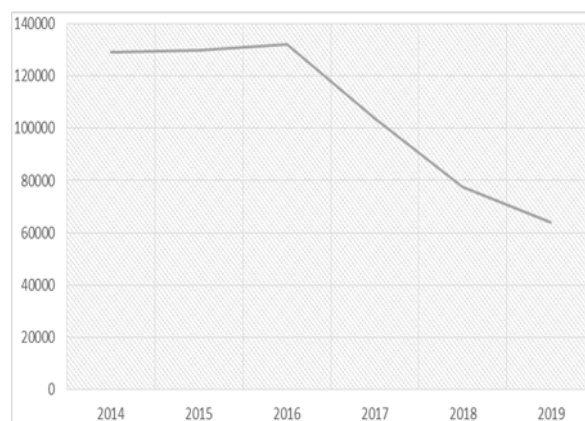


Рисунок 4 – Динамика объёмов стоков по водовыпуску № 1 Пензенской ТЭЦ-2

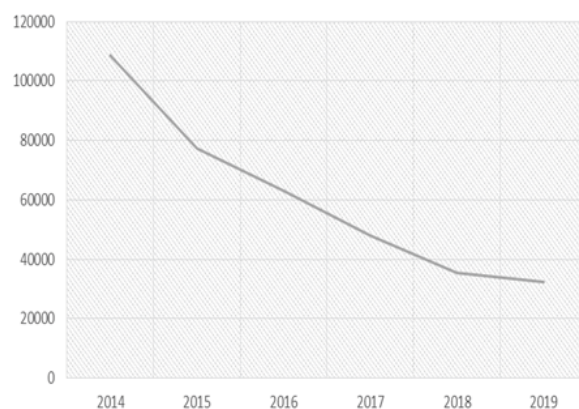
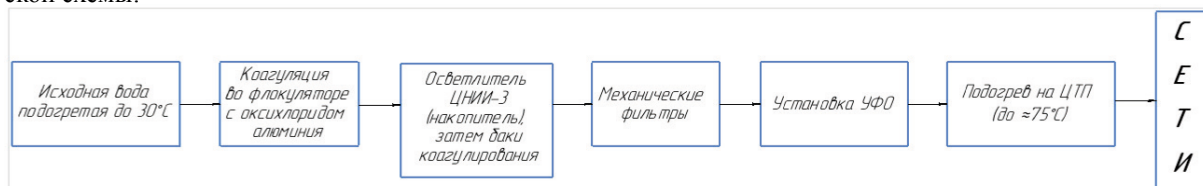


Рисунок 5 – Динамика объёмов стоков по водовыпуску № 2 Пензенской ТЭЦ-2



Предложение реализовано так, что часть оборудования используется от существующей технологической схемы:



В схеме подготовки воды для подпитки тепловой сети остаются осветлитель, кварцевые (механические) фильтры, подпиточный деаэратор. Для очистки исходной воды в качестве коагулянта и флокулянта используется оксихлорид алюминия - ОХА (водный раствор) (далее коагулянт), ГОСТ Р 58580-2019 [10, с.3 - 4]. Химическая формула –  $Al_2(OH)_5Cl$ . Общая формула для полимерного соединения указанного состава -  $Al(OH)_mCl_{3-m}$ . Реагент предназначен для очистки воды хозяйственно-питьевого значения, для очистки природных, оборотных, сточных вод.

Общий вид смонтированного оборудования для коагуляции (и флокуляции), а также обеззараживания воды представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Общий вид части смонтированного оборудования по изменённой технологии подготовки воды для подпитки тепловой сети для коагулирования / флокуляции (слева) и для обеззараживания (справа)

При дозировании ОХА во флоккулятор (см. рис. 6) происходит удаление из обрабатываемой (исходной или технической воды) воды взвешенных, коллоидных частиц, органических соединений за счет образования крупных хлопьев и выпадения их в осадок. Но стоит особо подчеркнуть, что персонал не имеет прямого контакта с ОХА, т.к. реагент поставляется в ёмкости, которая сразу подключается насосу, а разбавление происходит в автоматическом режиме, в отличие от предыдущей схемы, когда твёрдый сульфат алюминия аппаратчикам приходилось помещать в мешалки при помощи вёдер, лопат и подъёмных сооружений.

При этом достигается снижение содержания железа в пробах воды в три раза по сравнению с исходной водой, вода становится прозрачной. Дозирование рабочего раствора в напорный трубопровод осуществляется автоматически насосом-дозатором в пропорциональном режиме.

Объём контроля в химической лаборатории при внедрении технологии увеличивается, т.к. необходимо контролировать присутствие ОХА в воде в пределах допустимых норм по методу [11, с.3]. Метод сводится к фотометрическому определению алюминия и пе-

ресчёту на ОХА. Метод апробирован, содержание ОХА поддерживается в допустимых пределах.

Для обеззараживания воды в изменённой технологии подпитки тепловой сети используется ультрафиолетовое излучение. Под ультрафиолетовым излучением понимается электромагнитное излучение с длиной волны 10-400 нм. В основе обеззараживающего действия УФ-излучения – необратимые повреждения молекул ДНК и РНК микроорганизмов, находящихся в воде, за счет фотохимического воздействия лучистой энергии. Фотохимическое воздействие предполагает разрыв или изменение химических связей органической молекулы в результате поглощения энергии фотона.

Установка УФ-облучения (УФО) включает в себя камеру обеззараживания, предназначенную для облучения обрабатываемой воды. В корпусе камеры установлен защитный кварцевый чехол с бактерицидной УФ-лампой внутри [12, с.4]. Пульт управления предназначен для управления установкой и контроля её работы, а также для размещения электронного пускорегулирующего аппарата.

**Закключение.** В ходе работы сделаны выводы об эффективности данного метода как для очистки исходной воды при её подготовке, так и для снижения количества загрязняющих веществ в стоках в том числе. Кроме того, как видно из графиков (рис. 4-5), уменьшились объёмы сточных вод, как минимум в 2 раза, что пропорционально снижает плату за сброс сточных вод. Кроме того, само оборудование работает в автоматическом режиме. Автоматизация процессов функционирования большинства производств в настоящее время – это обязательное условие успешной работы предприятия, а эффективное использование собранных данных является ключевым фактором его конкурентоспособности. Ведь, очевидно, при этом повышается культура труда, культура охраны труда как обязательные элементы любого рабочего места и любого производственно-технологического процесса, способные гарантировать сохранение жизни и здоровья работающих [13, с.3].

Целесообразно подчеркнуть – исходя из анализа литературных источников, переговоров с персоналом энергетических предприятий установлено, что существуют множество методов очистки сточных вод. Приоритет имеют методы, связанные с созданием технологических схем с минимизацией использования водных ресурсов, с возвращением части очищенной воды в производственный процесс, что описано в настоящем исследовании. При этом проанализирована изменённая технологическая схема для подпитки те-

пловых сетей с применением оксихлорида алюминия, расширившего возможности очистки воды в паводок, а также с монтажом установки УФО. Объём сточных вод при этом сократился, следовательно, снизилась техногенная нагрузка на гидросферу. Кроме того, преимуществами этой технологии являются стабилизация микробиологических показателей сетевой воды, улучшение технико-экономических показателей предприятия, а также культуры производства в связи с расширением возможностей контроля процесса при переходе на автоматический режим. Ценным после изменений в технологии является участие предприятия в общей смене концепции водно-экологического контроля, предотвращающей дезорганизацию водопользования как фактора, влияющего на биоразнообразие и другие важные процессы, связанные с участием воды. Важнейшим из них является жизнеобеспечение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения от 30.03.1999 № 52-ФЗ.
2. Свинцов А.П., Абдулина А.Ш. Оценка надёжности инфраструктурных сетей водоснабжения и обеспечение населения питьевой водой при их отказе // *Безопасность жизнедеятельности*. – М.: 2017, № 6, с. 13.
3. Сергеева И.В. Экологический мониторинг среды: краткий курс лекций для аспирантов 3 года обучения направления подготовки 05.06.01 Науки о земле профиль подготовки «Экология» / Сост.: И.В. Сергеева // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014 – 120 с.
4. Калыгин В.Г., Бондарь В.А., Дедеян Р.Я. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность, безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях. – М.: КолоС, Химия, 2006. – 520 с.
5. Гутенев В.В. Денисов В.В., Денисова И.А., Камышов А.П., Москаленко А.П., Нагнибеда В.А., Осадчий С.Ю., Хорунжий Б.И. Промышленная экология/ Под ред. Денисова В.В. – М.: ИКЦ «Март», 2007 – 720 с.
6. Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и ее охрана. – М.: 1999., 192 с.
7. Широков Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. – 360 с.
8. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, с изменениями от 10 марта 2020.
9. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации, утверждённый 6 февраля 2008 года № 30 «Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями (с изменениями на 30 марта 2015 года).
10. ГОСТ Р 58580-2019. Полиоксихлорид алюминия. Технические условия. – Введ. 2019-10-9. – М.: Стандартинформ, 2019. – 42 с.
11. МУ 08-47/226. (по реестру аккредитованной метрологической службы ТПУ) Воды производственные тепловых электростанций. Фотометрический метод определения массовой концентрации алюминия. – Введ. 2009-03-25. – 20 с.
12. Установки обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением. Руководство по эксплуатации. Паспорт, 2019.
13. Елин А.М. Культура труда – непреложный компонент организации безопасного труда // *Безопасность жизнедеятельности*. – М.: 2017, № 10, с. 3.
14. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году: государственный доклад, М. НИИ-Природа, 2017. – 300 с.
15. Кирсанов В.В. Предложения по повышению эффективности водного мониторинга в РФ // *Безопасность жизнедеятельности*. – Москва, 2017. – № 12. – с. 40 – 42.
16. Митин И.В., Русаков В.С. Анализ и обработка экспериментальных данных. Учебно-методическое пособие для студентов младших курсов. – М.: Физический факультет МГУ, 2004 и 2006 гг.
17. Петросян В.С. Химическая безопасность воды // *Чистая вода: проблемы и решения*. – Москва – 2010. № 1. – с. 31 – 35.
18. Почакаева Е.И., Попова Т.В. Безопасность окружающей среды и здоровье населения. Феникс, 2012. – 448 с.
19. Свинцов А.П., Квартенко В.С. Водопотребление и водоснабжение в жилищном фонде // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2008. – № 10. – с. 35- 38.
20. Широков Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. – 360 с.
21. Щербаков Ю.С. Физико – химические процессы в техносфере: учебное пособие. Новосибирск, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ФГБОУ ВПО «СибГУТИ»), 2013. 154 с.

*Статья поступила в редакцию 20.08.2020*

*Статья принята к публикации 14.09.2020*