

Повышение экологической безопасности копильного производства в соответствии с принципами устойчивого развития

DOI 10.37663/0131-6184-2022-6-21-26

Доктор технических наук,
профессор **Э.Н. Ким** –
профессор;

Кандидат технических наук,
доцент **Глебова Е.В.** – доцент;

Тимчук Е.Г. – доцент;

Кандидат технических наук,
доцент **Лаптева Е.П.** – доцент;

аспирант **Заяц Е.А.** –
заведующий лабораторией
Дальневосточного
государственного
технического
рыбохозяйственного
университета
(ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)

@ kimandama@mail.ru;
gore802@mail.ru

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF FOOD SMOKING PRODUCTION IN ACCORDANCE WITH THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Doctor of Technical Sciences, Professor **E.N. Kim** – Professor;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Glebova E.V.** – Associate Professor;
Timchuk E.G. – Associate Professor;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Lapteva E.P.** – Associate Professor;
Postgraduate student **Zayats E.A.** – head of the laboratory
of the Far Eastern State Technical Fisheries University (FGBOU VO "Dalrybvtuz")

The work is devoted to the study of the physico-chemical characteristics of wood smoke used in the production of hot and cold smoked fish. The dispersion composition of wood smoke is determined depending on the temperature in the smoke formation zone and the excess air coefficient. The content of the main smoky components and polyaromatic hydrocarbons (PAHs) in the particles of the dispersed phase of wood smoke of various sizes has been established. A model of changing the dispersed composition of smoky smoke in the process of hot smoking is proposed. Theoretical calculations based on the proposed models of changes in the dispersed composition have been experimentally confirmed.

Physico-chemical and statistical research methods were used in the work.

Ключевые слова:

копильный дым, дисперсная фаза, массовая концентрация, частицы, дисперсный состав, копильные компоненты, фенолы, кислоты, карбонильные соединения, полиароматические углеводороды, коагуляция

Keywords:

wood smoke, dispersed phase, mass concentration, particles, dispersed composition, smoky components, phenols, acids, carbonyl compounds, polyaromatic hydrocarbons, coagulation

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕМЫ

Одной из стратегических задач развития пищевой промышленности является повышение экологии производства, что соответствует решению Генеральной ассамблеи ООН 2015 года, установившему 17 глобальных Целей устойчивого развития (ЦУР), включая снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Одним из наиболее экологически неблагоприятных является коптильное производство, проблема которого заключается в использовании копильного дыма, содержащего соединения типа полиароматических углеводородов, обладающих сильным канцерогенным действием и загрязняющих копченые продукты, окружающую атмосферу и сточные производственные воды. Кроме того, использование копильного оборудования сопровождается загрязнением рабочих помещений компонента-



ми копильного дыма, ухудшая условия труда работников.

Перспективным направлением решения указанных проблем является разработка мероприятий по экологической безопасности копильного производства, предусматривающих анализ проблемных аспектов его деятельности с использованием системы экологического менеджмента по стандартам ИСО серии 14000.

Теории и практике экологической безопасности пищевых производств посвящены работы таких отечественных и зарубежных ученых как Н.Д. Горелова, П.П. Дикун, Н.А. Долгина, И.Н. Ким, В.И. Курко, Н.А. Макарова, С.М. Поздняковский,

Работа посвящена изучению физико-химических характеристик копильного дыма, используемого при производстве рыбы горячего и холодного копчения. Установлен дисперсионный состав копильного дыма, в зависимости от температуры в зоне дымообразования и коэффициента избытка воздуха. Установлено содержание основных копильных компонентов и полиароматических углеводородов (ПАУ) в частицах дисперсной фазы копильного дыма различного размера. Предложена модель изменения дисперсного состава копильного дыма в процессе горячего копчения. Экспериментально подтверждены теоретические расчеты по предложенным моделям изменения дисперсного состава. В работе использовались физико-химические и статистические методы исследования.

Т.Н. Радакова, В.Ф. Федонин, J. Lesage, J.A. Vaga, G. Ora, S. Onaran, K. Pottast и другие. Однако большинство известных работ имеют общий характер экологической безопасности и не учитывают особенностей копильного производства, что обосновывает актуальность предлагаемых исследований.

Целью исследований является разработка комплекса технических решений, направленных на снижение антропогенного воздействия копильных производств на окружающую среду.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследований:

- идентификация и анализ экологических аспектов копильных производств;
- оценка антропогенной нагрузки копильных производств;
- разработка технических решений для обеспечения экологической безопасности копильных производств.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях характеристики загрязнений атмосферы дымовыми выбросами использовали метод инерционного осаждения дисперсных частиц копильного дыма. Метод основан на центробежной сепарации частиц копильной среды в каскадном импакторе, который представляет собой ряд последовательно установленных усеченный конусов [1]. Содержание органических кислот в дымовых выбросах определяли методом титрования кислот щелочью в присутствии фенолфталеина; карбонильных соединений по методике с использованием 2,6-денитрофенилгидразина; фенолов (в пересчете на гваякол) определяли колориметрическим методом, основанным на цветной реакции фенолов с 4-аминоантрипином; полиароматических углеводородов – флуоресцентно-спектральным методом [1].

Анализ нормативных требований к идентификации экологических копильных производств был проведен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 14.08-2005 «Экологический менеджмент. Порядок установления аспектов окружающей сре-

ды в стандартах на продукцию (ИСО/МЭК 64)», ГОСТ Р ИСО 14040-2010 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework», ГОСТ Р ИСО 14044-2021 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines».

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Любая производственная деятельность находится в состоянии постоянного взаимодействия с внешней средой. Среда обеспечивает производство исходными продуктами жизнедеятельности, а её отходы вновь возвращаются во внешнюю среду. Сохранение качества окружающей среды является гарантом существования самого производства. Связано это, в первую очередь, с организацией экологически безопасных производственных процессов. Современный подход к решению проблемы экологической безопасности состоит в объединении разрозненных мероприятий по минимизации воздействия на окружающую среду в единую систему действий на всех этапах ЖЦП [2].

Мероприятия по охране окружающей среды должны быть разработаны на основе требований системы экологического менеджмента по стандартам ИСО серии 14000 [3].

Стандарты серии ИСО 14000 направлены на идентификацию аспектов деятельности предприятия (технологических процессов), в наибольшей степени оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду (при этом выделяются процессы, связанные с выбросами вредных веществ в атмосферу, сливами в воду, образованием твердых отходов, загрязнением почвы), анализ причин допущенных отклонений и мер по их предотвращению [3].

Основным фактором, определяющим антропогенную нагрузку копильных производств на окружающую среду, является использование в технологических процессах традиционного копильного дыма, который содержит, прежде всего,

полиароматические углеводороды (ПАУ), концентрация которых в копильном дыме составляет до 38200 нг/л [4]. При этом содержание в копильной рыбной продукции содержит ПАУ по 3,4-бензпирену до 8400 нг/кг [8], что представляет 22% от общего содержания индивидуальных ПАУ в копильном дыме. В то же время копильный дым при производстве копильной продукции используется лишь на 60-65% [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с первой задачей исследования, была проведена идентификация экологических аспектов копильных производств, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 14.08-2005 «Экологический менеджмент. Порядок установления аспектов окружающей среды в стандартах на продукцию (ИСО/МЭК 64)», ГОСТ Р ИСО 14040-2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework», ГОСТ Р ИСО 14044-2021 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines» и этапами технологического процесса, в соответствии с ТИ № 60 «Технологическая инструкция производства рыбы холодного копчения» и ТИ № 72 «Технологическая инструкция по изготовлению рыбы горячего копчения» [6].

Ниже представлены идентифицированные на всех этапах технологического процесса экологические аспекты копильных производств:

- истощение и расходование природного сырья;
- сбросы сточных вод с мелкими органическими объектами и веществами;
- потребление воды;
- образование и накопление твердых отходов – чешуя, головы, плавники рыб;
- сбросы сточных вод с отходами соли и уксуса;
- выбросы загрязняющих копильных веществ в атмосферный воздух;
- сбросы сточных вод с копильными препаратами и бытовыми химическими средствами;

Таблица 1. Оценка важности экологических аспектов копильных производств /
Table 1. Assessment of the importance of environmental aspects of smoking industries

Экологический аспект	Важность аспектов по группам критериев (А* - 12-15 баллов, В** - 8-11 баллов, С*** - 5-7 баллов)				
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Интегральная
сбросы сточных вод с мелкими органическими объектами и веществами	С	С	С	С	С
образование и накопление твердых отходов – чешуя, головы, плавники рыб	А	В	В	В	В
сбросы сточных вод с отходами соли и уксуса	С	В	С	С	С
выбросы загрязняющих копильных веществ в атмосферный воздух	А	В	В	А	А
сбросы сточных вод с копильными препаратами и бытовыми химическими средствами	А	А	В	В	А
образование и накопление отходов упаковки и упаковочного материала	А	В	В	В	В

Таблица 2. Содержание ПАУ в коптильном дыме / **Table 2.** The amount of PAHs in wood smoke

No	Соединение ПАУ	Содержание соединений ПАУ [9]		Канцерогенность	
		В дыме, полученном в дымогенераторе Н20.ИХА.03, нг/л	В дымовых выбросах коптильной камеры Н20-ИК2А нг/л	Коптильного дыма	Дымовых выбросов
1.	Хризен	1216	1131	12,16	11,31
2.	Бенз(а)антрацен	1000	932	10	9,32
3.	Бенз(б)флуорантен	10652	9587	1065,2	958,7
4.	Бенз(а)пирен	1084	974	1084	974
5.	Бенз(е)пирен	7502	6827	75,02	68,27
6.	Дибенз(а,с)антрацен	1220	1061	12,2	10,61
7.	Дибенз(а,һ)антрацен	2134	1878	2134	1878
8.	Дибенз(а,і)пирен	87	69	87	69
Всего		24895	22459	4479,58	3979,21

- образование и накопление отходов упаковки и упаковочного материала;
 - излучение энергии;
 - шумы и вибрации холодильных камер.

Анализ, представленных идентифицированных экологических аспектов, позволил разделить их на две группы:

- экологические аспекты, негативное влияние которых можно минимизировать;
 - экологические аспекты, негативное влияние которых можно свести к нулю.

Первая группа экологических аспектов представлена следующими аспектами:

- истощение и расходование природного сырья;
 - потребление воды;
 - излучение энергии;
 - шумы и вибрации холодильных камер.

Вторая группа экологических аспектов представлена следующими аспектами:

- сбросы сточных вод с мелкими органическими объектами и веществами;
 - образование и накопление твердых отходов – чешуя, головы, плавники рыб;
 - сбросы сточных вод с отходами соли и уксуса;
 - выбросы загрязняющих коптильных веществ в атмосферный воздух;
 - сбросы сточных вод с коптильными препаратами и бытовыми химическими средствами;
 - образование и накопление отходов упаковки и упаковочного материала.

В соответствии с целью проводимых исследований, в дальнейшем будут рассматриваться экологические аспекты второй группы, негативное влияние которых на окружающую среду должно быть сведено к нулю. Для данных аспектов была проведена оценка их важности в соответствии с методом ABC, который заключается в присвоении аспекту одного из трехбуквенных обозначений – кодов приоритетности: А, В или С [6]. Оценку важности экологических аспектов методом ABC проводили по четырем группам критериев:

- объем негативных воздействий;
 - возможность устранения негативных воздействий;

- величина затрат на ликвидацию воздействий;
 - степень срочности устранения негативного воздействия.

При этом каждая группа включала пять оценочных параметров, по каждому из которых идентифицированному экологическому аспекту коптильного производства присваивался балл от 1 до 3, далее, на основании суммарного количества полученных баллов, был присвоен буквенный код [7]. Оценка важности экологических аспектов коптильных производств представлена в таблице 1. Код А обозначает значительное негативное воздействие на окружающую среду, высокий уровень приоритетности, требует немедленного реагирования, В – средний уровень приоритетности, требует принятия мер в среднесрочной перспективе, С – не является важным или опасным и не требует проведения мероприятий.

Наиболее значимыми экологическими аспектами, при определении интегральной важности, были выявлены:

- выбросы загрязняющих коптильных веществ в атмосферный воздух;
 - сбросы сточных вод с коптильными препаратами и другими бытовыми химическими средствами.

Основным фактором, определяющим антропогенную нагрузку коптильных производств на окружающую среду, является использование в технологических процессах традиционного коптильного дыма, который содержит, прежде всего, ПАУ. В таблице 2 представлены результаты идентификации ПАУ в коптильном дыме, полученном в различных устройствах, а также канцерогенность дыма и дымовых выбросов, рассчитанная по разработанной методике [4].

Указанные вещества, обладающие тератогенным, мутагенным и канцерогенным эффектами, контаминируют копченую продукцию, что потенциально может наносить существенный вред здоровью потребителя. Отягощает данный факт то, что ПАУ обладают свойством биоаккумуляции, а это значит, что при регулярном их употреблении, даже в малых количествах, риск проявления негативного эффекта увеличивается со временем [10]. При традиционном производстве копченых

продуктов используется только часть компонентов копильного дыма, осаждаемая преимущественно в виде дисперсных частиц на поверхность обрабатываемого продукта. Подавляющая часть копильного дыма выбрасывается в атмосферу. Например, при холодном копчении около 20-25% компонентов копильного дыма, а при горячем копчении – до 98% компонентов копильного дыма, включая ПАУ (табл. 2), выбрасывается в окружающую среду, ухудшая экологическую обстановку [12]. Учитывая расположение копильных производств в крупных населенных пунктах, их функционирование существенно ухудшает условия жизни населения.

В дымовых выбросах, в зависимости от температуры копчения, вида дымогенератора и копильной камеры, содержание ПАУ варьируется в значительном диапазоне. Если при горячем копчении обработка продукции осуществляется турбулентным потоком дымовоздушной смеси, то общее содержание ПАУ в дымовых выбросах достигает 22500 нг/л. При этом, в выбросах, при турбулентном потоке дымовоздушной смеси, отмечается высокое содержание тяжелых ПАУ, включающих в свое строение 5 и 6 бензольных колец (бенз(б)флуорантен, дибенз(а, h)антрацен, дибенз(а, i)пирен). Общее содержание ПАУ в дымовых выбросах ламинарного потока дымовоздушной смеси достигает 12 450 нг/л, при этом преобладают в выбросах более легкие ПАУ. Это связано с тем, что при ламинарном потоке дымовоздушной смеси более тяжелые ПАУ успевают коагулироваться и седиментироваться на поверхности стенок копильной камеры и трубы, тогда как турбулентным потоком компоненты всех размеров выбрасываются в атмосферу.

В соответствии с вышеизложенным, для обеспечения экологической безопасности копильного производства возможно, в качестве эффективного инструмента управления, использовать процессный подход системы менеджмента качества, в соответствии со стандартами ИСО серии 9000. В ранее опубликованной работе «Standardization of food smoking production within the framework of environmental engineering» был предложен методический подход к стандартизации копильного производства на основе интеграции требований систем всеобщего менеджмента, в том числе: системы менеджмента качества (СМК) и системы экологического менеджмента (СЭМ), который позволил идентифицировать этапы копильного производства, такие как: ожидание окончания тления топлива в дымогенераторе и очистка дымогенератора от продуктов сгорания топлива, для которых было предложено техническое решение по повышению эффективности элементов рабочего пространства оператора копильной установки, что, в свою очередь, обеспечит повышение экологической безопасности копильного производства. Таким решением стало исключение ожидания окончания тления топлива и очистки дымогенератора от продуктов сгорания топлива, путем использования внешнего передвижного герметичного бункера, в который по трубопрово-

ду помещаются продукты сгорания топлива для дальнейшего остывания, что позволило сократить время на его реализацию до 1-2 минут [8].

С целью утилизации дымовых выбросов копильных камер предлагается использовать метод, включающий пропускание их через водный слой с подвижной насадкой, который улавливает подавляющую часть копильных компонентов. Водонерастворимые ПАУ образуют с другими полимерными компонентами дымовых выбросов смолы, которые в виде шарообразных комков, имеющих более высокую плотность по сравнению с водой, легко отделяются и могут быть утилизированы [11].

После санитарной обработки копильных камер образуется большое количество сточных вод, содержащих как копильные компоненты, так и большое количество смол, содержащих канцерогенные ПАУ. Возможность использования сточных вод для производства копильных препаратов зависит от способа чистки камер, который, в свою очередь, зависит от материала, из которого изготовлены камеры. Современные копильные камеры покрыты изнутри полированной нержавеющей сталью, поэтому их очистка заключается в подаче пара. В результате обработки паром, осевшие ранее компоненты копильного дыма стекают в нативном состоянии. Получившиеся стоки были обработаны в сорбере, в результате чего из 60 л стоков было получено 2 л копильного препарата и 200 мл смол. Образовавшиеся смолы предлагается утилизировать путем сжигания в пламени горелки пропан-бутана при температуре $1000 \pm 200^\circ\text{C}$ до образования углекислого газа и водяного пара.



При очистке коптильных камер старого типа приходится использовать моющие средства, в результате которых коптильные компоненты выщелачиваются и меняют свои качественные характеристики, в результате чего не предоставляется возможности использования их для создания коптильного препарата. При таком способе очистки выделяется значительно больше стоков. Из 100 л стоков путем охлаждения можно выделить до 200 мл смол, утилизация которых предлагается также путем сжигания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлены наиболее значимые экологические аспекты коптильных производств, получивших интегральную оценку: выбросы загрязняющих коптильных веществ в атмосферный воздух, сбросы сточных вод с коптильными препаратами и другими бытовыми химическими средствами.

2. Установлено содержание не менее 8 индивидуальных канцерогенных ПАУ в коптильном дыме, полученном различными способами дымогенерации и в дымовых выбросах коптильных камер. Часть смол коптильного дыма, содержащих канцерогенные ПАУ, оседают на стенках коптильного оборудования, а после санитарной обработки попадают в водную акваторию окружающей среды.

3. Для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду предлагается использовать дымовые выбросы коптильных печей, и сточные воды после санитарной обработки коптильного оборудования использовать в качестве исходного сырья для получения коптильных препаратов. Образующиеся при этом смолы предлагается утилизировать способом сжигания при температуре $1000 \pm 200^\circ\text{C}$.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: **Э.Н. Ким** — идея работы, подготовка введения, заключения, окончательная проверка статьи; **Е.В. Глебова** — сбор и анализ данных, подготовка статьи; **Е.Г. Тимчук** — сбор и анализ данных, подготовка статьи; **Е.П. Лаптева** — сбор и анализ данных, подготовка статьи; **Е.А. Заяц** — сбор и анализ данных, подготовка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: **E.N. Kim** — the idea of the work, preparation of the introduction, conclusion, final verification of the article; **E.V. Glebova** — data collection and analysis, preparation of the article; **E.G. Timchuk** — data collection and analysis, preparation of the article; **E.P. Lapteva** — data collection and analysis, preparation of the article; **E.A. Zayats** — data collection and analysis, article preparation.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ/ REFERENCES AND SOURCES

1. Курко В.И. Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов. М.: Пищепром., 1977. – 157 с.
1. Kurko V.I. Methods of studying the process of smoking and smoked products. M.: Pishcheprom. – 1977. – 157 p.
2. Холоша О.А. Экологическая деятельность предприятия и система экологического менеджмента / О.А. Холоша, Е.П. Лаптева // Экологический вестник Приморья. – 2008. – С. 10-14
2. Holosha O.A. Ecological activity of the enterprise and the environmental management system / O.A. Holosha, E.P. Lapteva // Ecological Bulletin of Primorye. – 2008. – p. 10-14
3. Лаптева Е.П., Таргунакова Е.С. Экологический менеджмент – инструмент снижения воздействия на окружающую среду. доклады IX Всероссийской научн.-техн. конф. «Приоритетные направления развития науки и технологий»: под общ. ред. Э.М. Соколова. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2011. С. 42-45
3. Lapteva E.P., Targunakova E.S. Environmental management is a tool for reducing environmental impact. Reports of the IX All-Russian Scientific and Technical Conference conf. "Priority directions of science and technology development": under the general ed. E.M. Sokolova. – Tula: Publishing House "Innovative Technologies", 2011. – Pp. 42-45
4. Заяц Е.А. Модель оценки канцерогенности коптильного дыма и копченой продукции. / Е.А. Заяц, Э.Н. Ким // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 10(112). – С. 47-50.
4. Zayats E.A. A model for assessing the carcinogenicity of smoky smoke and smoked products. / E.A. Zayats, E.N. Kim // Science and business: ways of development. – 2020. – № 10(112). – Pp. 47-50.
5. Проскура Ю.Д. Расчет процесса холодного копчения рыбы. – Владивосток, 1985. – 42 с.
5. Proskura Yu.D. Calculation of the cold smoking process of fish. – Vladivostok, 1985. – 42 p.
6. Сборник технологических инструкций по обработке рыбы / А.Н. Белогуров, М.С. Васильева – М.: «Колос», 1994 – 560 с.
6. Collection of technological instructions for processing fish / A.N. Belogurov, M.S. Vasilyeva – M.: "Ear", 1994 – 560 p.
7. Методические указания по идентификации и определению значительности экологических аспектов деятельности. – Астрахань: Лукойл Нижневожскнефть, 2004. – 16 с.
7. Methodological guidelines for the identification and determination of the significance of environmental aspects of the activity. – Astrakhan: Lukoil Nizhnevolzhskneft, 2004. – 16 p.
8. Kim E.N., Lapteva E.P., Timchuk E.G., Zayats E.A. Standardization of food smoking production within the framework of environmental engineering. V International Scientific Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, doi:10.1088/1755-1315/839/4/042070. - Volume. 839 042070 – Issue. 2021. – P. 1-9.
9. Ким И.Н. Состав канцерогенных соединений типа полициклических ароматических углеводородов в копченном терпуге / И.Н. Ким, Г.Н. Ким, Л.В. Кривошеева, И.А. Хитрово // Известия вузов. Пищевая технология, 2003. – №1. – С. 15-18.
9. Kim I.N. Composition of carcinogenic compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked terpig / I.N. Kim, G.N. Kim, L.V. Krivosheeva, I.A. Hit-rovo // News of universities. Food Technology, 2003. – No. 1. – Pp. 15-18.
10. Турусов В.С. Методы выявления и регламентирования химических канцерогенов. / В.С. Турусов, Ю.Д. Парфенов. // Вопросы онкологии. – 1986. – С. 62-67.
10. Turusov V.S. Methods of detection and regulation of chemical carcinogens. / V.S. Turusov, Yu.D. Parfenov. // Questions of oncology. – 1986. – Pp. 62-67.
11. Ким Э.Н., Ким Д.Э., Осипов В.Е., Холоша О.А. Установка для получения коптильного препарата Патент на полезную модель. №95468. Опубликовано 10.07.2010. БИ. №19.
11. Kim E.N., Kim D.E., Osipov V.E., Kholosha O.A. Installation for obtaining a copilic preparation Utility model patent No. 95468. Published on 10.07.2010. BI. No. 19.
12. Ким И.Н. Разработка способа утилизации дымовых выбросов коптильных камер с целью получения коптильного препарата для копчения рыбы: дис. ... канд. технич. наук: 05.18.04 – ВНИРО, Москва, 1989 – 216 с.
12. Kim I.N. Development of a method for disposal of smoke emissions from smoking chambers in order to obtain a smoking preparation for smoking fish: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.04 – VNIRO, Moscow, 1989 – 216 p.