

Л.В. Мисун, И.Н. Мисун, В.М. Грищук

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ В АПК

Под редакцией проф. Л.В. Мисуна

(пособие для студентов инженерных специальностей
сельскохозяйственных вузов и слушателей Института повышения
квалификации и переподготовки кадров АПК)

Минск 2007

УДК 502.17(075)

ББК 20.1я7

М 65

Рецензенты: Заслуженный изобретатель Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор В.Н. Кондратьев;

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.И. Николаенков.

М 65 Мисун, Л.В. Инженерная экология в АПК: пособие / Л.В. Мисун, И.Н. Мисун, В.М. Грищук; под ред. проф. Л.В. Мисуна. – Мн.: БГАТУ, 2007. – 302с.

Авторы: декан Агромеханического факультета БГАТУ, доктор технических наук, профессор Л.В. Мисун;

старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности» БГАТУ И.Н. Мисун;

старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности» БГАТУ, кандидат технических наук В.М. Грищук.

Пособие разработано в соответствии с типовой учебной программой по дисциплине «Инженерная экология», утвержденной Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области сельского хозяйства 29.10.2003 г. (№ ТД-С-49 __/тип).

ПРЕДИСЛОВИЕ

Совершенствование агропромышленного производства непосредственно связано с использованием природных ресурсов, развитием трудовых процессов, обуславливающих накопление материальных благ в обществе. В этих условиях возрастает роль отраслевой инженерной экологии, призванной на основе оценки степени вреда, наносимого природе, создавать такие методы и формы управления производством, которые обеспечивали бы его функционирование, не нарушая механизмов саморегуляции объектов биосферы и естественного природного баланса, разрабатывать и совершенствовать технические средства защиты окружающей среды, развивать экологически безопасные и малоотходные технологии. Любая сфера развития производства имеет экологическое измерение, отражает взаимодействие технических и природных комплексов и является объектом для изучения инженерной экологией.

Так, сельскохозяйственное производство в экологическом отношении обуславливает проявление некоторых процессов, выражающихся в загрязнении поверхностных и грунтовых вод, эрозии почв и деградации естественных ландшафтов. Механизация внесения реакционно-активных удобрений без соответствующих предупредительных и охранных мероприятий способствует снижению запасов гумуса в почве и ее общего плодородия. Важнейшей задачей аграрной науки является разработка и совершенствование технологий, которые позволяли бы получать сельскохозяйственную продукцию с содержанием радионуклидов в безопасных для здоровья человека количествах, решать экологические проблемы Белорусского Полесья, гидромелиоративное преобразование которого привело к коренному изменению водного, теплового и агрохимического режимов территории, глубокому изменению структуры и состояния природных ландшафтов. Обеспечение биосферносовместимого земледелия на мелиорированных землях – важнейшая задача, реализация ко-

торой зависит и от разработки экологически состоятельных технологий, присущих ландшафтно-биологическому разнообразию болотных систем Полесья. Причиной загрязнения природной среды являются выбросы вредных веществ от передвижных источников и стационарных объектов АПК, в том числе животноводческих, перерабатывающих и ремонтно-обслуживающих предприятий.

Все это требует постоянного мониторинга за экологически неблагоприятными процессами, происходящими в АПК, необходимость разработки мер по обеспечению экологической безопасности функционирования объектов АПК, формированию экологического мировоззрения и воспитанию специалиста, способного реализовать требования современного агропромышленного производства с учетом природоохранных мероприятий.

Авторы

1 ПРЕДМЕТ «ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ В АПК»

1.1 Краткие исторические сведения

Несмотря на древнюю историю в целом, наука экология сравнительно молода, она была выделена в самостоятельную лишь в XIX веке. Однако это не означает, что до этого не существовало экологических проблем и не нужны были экологические знания. Первые регулярные экологические исследования были начаты еще до новой эры в Китае и представляли собой метеорологические наблюдения. Уже в это время создавались оросительные системы и судоходные каналы, изменяющие экологические системы целых регионов. А «возраст» орошаемого земледелия, по последним археологическим данным, исчисляется более десятию тысячами лет. Очевидно, что еще в древности человек соприкоснулся с экологическими проблемами в сравнительно густонаселенных аграрных районах и древних городах.

Изменения климата, ухудшение пастбищ, локальная перенаселенность наряду с политическими причинами во многом обуславливали географическую подвижность древних цивилизаций. Это послужило причиной появления элементов природоохранного законодательства. Еще в Киевской Руси был принят свод законов, в котором, в частности, помещались статьи об охране охотничьих и бортнических угодий. При Петре I было составлено около 60 природоохранных законов, основанием для которых послужили экологические и биологические исследования. Все чаще человек, покоривший природу, начинал видеть в ней не только грозного соперника, но еще и друга, помощника. В это время и начинает зарождаться экология как самостоятельная отрасль науки.

Великий русский ученый М.В. Ломоносов высказывал мысли о роли живых организмов в происхождении чернозема, углей, нефти. Значительно позже еще раз самостоятельно «открыл» это В.В. Докучаев.

Широкие эмпирические обобщения, рассматривающие вопросы экологии, принадлежат немецкому путешественнику А. Гумбольдту, который в

1817 году сформулировал принцип географической зональности в распределении растительности на земле. Чтобы обосновать свои положения, А. Гумбольдту пришлось совершить много путешествий в различные районы земного шара.

У истоков массового экологического просвещения стоял русский педагог-эколог В.Ф. Зуев, составивший в 1786 году первый учебник для общеобразовательной школы по естествознанию (начертание естественной истории). Нельзя не вспомнить также Ж.Б. Ломарка, изложившего в 1809 году теорию, согласно которой виды растений и животных постоянно изменяются под воздействием меняющихся условий внешней среды. Впоследствии Дарвин Ч. показал механизм этих превращений в труде «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859 г.). Он практически заложил материалистический фундамент для развития биологии, в том числе экологии. В этом же ряду находятся ученые-экологи В.Н. Татищев (1686–1750), К.Ф. Рулье (1814–1858), Ю. Либих (1803–1873), В.И. Вернадский (1863–1945), В.Н. Сукачев (1870–1967) и другие.

Термин «экология» впервые в 1866г. употребил знаменитый немецкий биолог Э.Ю. Геккель, что означало дословно наука о доме, или наука о месте обитания и имел в виду взаимоотношения преимущественно животных и растительных организмов и окружающей среды. Впоследствии понимание экологии как науки значительно расширилось.

Во второй половине XX века интересы экологии сместились в сторону изучения многоуровневых систем в природе и в обществе, их взаимовлияние и взаимодействие. «Биологическая экология» стала центральной частью общей экологии, от которой исходят прикладные дисциплины: сельскохозяйственная, инженерная, химическая, медицинская, космическая, правовая, популяционная и другие. Поэтому в настоящее время экологию рассматривают как систему междисциплинарных научных представлений из области биологии, являющуюся теоретической основой рационального природопользования и управления эволюцией биосферы. Она изучает закономерности жизне-

деятельности организмов в любых ее проявлениях, на всех уровнях интеграции с учетом изменений, вносимых деятельностью человека.

Для того, чтобы предвидеть будущее и понимать настоящее экосистем, необходимо, прежде всего, ясно представлять их эволюционное прошлое, естественные тенденции развития, что является основной проблемой эволюционной экологии.

В истории взаимодействия человека с природой прослеживаются четыре периода, различных по времени и силе воздействия людей на природу. В настоящее время в этом взаимодействии наблюдается переход к пятому периоду.

Первый период охватывает временной интервал каменного века и первобытнообщинного уклада жизни, характеризуется малоощутимыми изменениями в природе. Второму периоду соответствует время от VIII–VII в.в. до н. э. до становления промышленного производства (XV век н. э.). Характерной особенностью этого периода является сооружение ирригационных систем в низовьях Нила, Средней и Малой Азии, Индии, Китае, Южной и Центральной Америке. Для орошения земель и обводнения пастбищ были построены дренажные галереи, перехватывающие подземные потоки в предгорьях хребтов Средней и Малой Азии, Азербайджана. В это время начинается интенсивное сельскохозяйственное освоение земель, использование древесины как основного энергетического источника и строительного материала. Так, для строительства «непобедимой армады» понадобилось Испании более полумиллиона вековых деревьев, вырубка которых активизировала эрозионные процессы и привела к необратимым изменениям ландшафтов страны. Третий период охватывает с XVI по XIX века, то есть время становления капитализма. Этому периоду свойственно активное освоение минерально-сырьевых ресурсов, постепенная концентрация производительных сил, развитие частного предпринимательства, постоянные захватнические войны. Взаимоотношения человека с природой осмысливаются как определенная социальная или философская альтернатива: человек над природой или

человек в природе. Четвертый период взаимодействия человека с природой – это времена социальных революций и империализма, концентрации производства и гигантских темпов добычи нефти и газа, строительства широкой сети коммуникаций и интенсификации производства сельскохозяйственной продукции.

Гармоничное развитие природы и техники стало возможно только в результате научно обоснованного компромисса между объектами природы и социальной деятельностью человека. Ответственность за такой компромисс возлагается на инженерную экологию – многопрофильную область знаний о законах природосберегающего формирования техносферы и ее сбалансированного экологически безопасного развития.

За все время своей истории человечество пережило более 14,5 тысяч войн, в которых погибло более 3,5 млрд. человек. Если бы все уничтоженные во время войн ценности обратить в золото, то его хватило бы, чтобы опоясать земной шар по экватору лентой толщиной 10 метров и шириной 8 километров [1].

Вырубка лесов, увеличение площади пустынь, замена естественных ценозов узкоспециализированными агроценозами, осушение болот, создание искусственных водохранилищ меняют альбедо земной поверхности и структуру естественного круговорота химических элементов.

Инженерная экология стоит в этико-философском отношении на позициях антропоцентризма и близко приближается к экологии человека (антропоцентризм – признание интересов процветания человечества первостепенными). Она заинтересована в развитии общей экологии с целью построения синтетической теории как составной части научной картины мира, и опираясь на экологический цикл знаний, должна обеспечить совокупность действий, состояний и процессов, не приводящих прямо или косвенно к жизненно важным экологическим ущербам, как природной среде, так и отдельным людям и человечеству в целом.

Инженерная экология ограничена временными рамками и размахами производственных акций: кратковременное действие может быть относительно безопасным, а длительное – опасным; изменение в локальных рамках практически безобидное, а широкомасштабное – фатальное. Сила воздействия иногда может не иметь решающего значения для многих факторов (направлений воздействия некоторых пестицидов, биологических агентов). Практически нет нижнего безопасного предела концентрации, особенно при длительном воздействии, в результате она не влияет на живущие поколения, но будут страдать их потомки. В связи с этим особенно возрастает роль науки экологии как теоретической основы инженерной экологии, в том числе на объектах АПК. Предметом изучения инженерной, прикладной, экологии являются прежде всего ситуации, в которых оказываются природные объекты в процессе хозяйственной деятельности человека.

Совершенствование агропромышленного производства непосредственным образом связано с использованием природных ресурсов, развитием трудовых процессов, обуславливающих накопление материальных благ в обществе. В этих условиях резко возрастает роль отраслевой инженерной экологии, призванной на основе оценке степени вреда, приносимого природе, создавать такие методы и формы управления производством, которые обеспечивали бы его функционирование, не нарушая механизмов саморегуляции объектов биосферы и естественного природного баланса, разрабатывать и совершенствовать технические средства защиты окружающей среды, развивать безотходные и малоотходные технологии.

1.2 Основные понятия, термины, определения

Рациональное использование природных ресурсов – одна из самых важных проблем, стоящих перед человечеством. Она теснейшим образом связана со всей хозяйственной деятельностью человека, оказывающей глубокое, нередко губительное воздействие на биосферу, ее геохимические, экологиче-

ские и другие функции поступательного развития, сохранение равновесного природного состояния и т. д.

В связи с этим освещение вопросов инженерной экологии начинаем с определения понятий «природа», «окружающая среда», «природные условия», «природные комплексы», «природные ресурсы», «природные блага», «природопользование» и другие [2].

Природа. В широком смысле природа – это весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной. Природа – совокупность естественных условий существования человеческого общества, на которую прямо или косвенно воздействует человечество, с которой оно связано в хозяйственной деятельности.

Взаимодействия человека с природой – проблема вечная и одновременно современная: человечество связано своим происхождением с природным окружением, существованием и будущим. Человек как элемент природы является частью сложной системы «природа – общество». За счет природы человечество удовлетворяет многие свои потребности.

Все элементы природы представляют собой *окружающую среду*. В понятие «*окружающая среда*» не входят созданные человеком предметы (здания, автомобили и др.), так как они окружают отдельных людей, а не общество в целом. Однако участки природы, измененные деятельностью человека (города, сельскохозяйственные угодья, водохранилища, лесополосы) входят в окружающую среду, так как создают среду общества.

Окружающая среда (ОС) – совокупность природных тел (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы) и культурных (техногенных) объектов, предметов социальной и производственной деятельности человека.

Эффекты воздействия объектов агропромышленного производства (АПК) на окружающую среду определяются величинами входных и выходных потоков на всех стадиях жизненного цикла, ибо используемые в процессе человеческой деятельности материалы и энергия не исчезают. Материалы

идут в переработку, либо превращаются в отходы и загрязнения. Энергия рассеивается, превращаясь в теплоту, которую невозможно использовать вновь. Люди извлекают из Земли сырье и большинство видов энергии и возвращают ей отходы и теплоту, т. е. существует постоянный поток материалов и энергии от планетарных источников через экономическую подсистему к планетарным стокам, где накапливаются отходы и загрязнения [1].

Входные потоки разделяются на [2]:

- материальные, связанные с добычей сырья, производством, транспортировкой, использованием, техническим обслуживанием, повторным использованием и утилизацией продукции, могут оказывать различное воздействие на среду (приводить к ускоренному истощению природных ресурсов, отчуждению территорий, снижению плодородия почв, воздействию опасных материалов на здоровье человека, выделению вредных выбросов);

- потоки энергии, источниками которых являются жидкое топливо, ядерные и гидроэлектростанции, геотермальные источники, ветер, биомасса.

Выходные потоки формируются из продукции, твердых отходов и выбросов в воздух, воду, почву, энергетических выделений.

Для объектов АПК входные и выходные потоки могут быть представлены в виде процессов обмена энергией и веществом между ними и окружающей средой при реализации их жизненных циклов и выражаться соответствующими показателями. Значения этих показателей в свою очередь зависят от значений измерителей групповых (эксплуатационных) свойств передвезных источников (ПИ). В их числе топливная экономичность, токсичность, материала и энергоемкость, моторесурс и др. [3].

В охране окружающей среды различают понятия «природные условия и природная среда» и «природные ресурсы». Природные условия - понятие очень широкое, охватывающее все аспекты природы. О них говорят безотносительно к человеку и его деятельности.

С комплексом многих факторов связана специфика отдельных природных условий, отражающих особенности их развития, и эволюции во времени и пространстве. Так, физико-географические условия среды определяются географическим положением территории над уровнем моря, географической широтой и долготой, ландшафтной зональностью, гидротермическим режимом и др. Геологические условия среды обуславливают особенности геологических процессов разрушения пород, переноса и седиментации материала, поступательной эволюции историко-геологического развития в зависимости от сочетания экзогенных и эндогенных факторов и процессов. Развитие и эволюция растительного и животного мира характеризуют биогенные условия среды биоценозов и экосистем. Геохимические же условия среды представляют сумму факторов, процессов и параметров, от которых зависят физические и химические условия выветривания, минерало- и пороодообразования, геохимические системы сочетаний в земной коре химических элементов, геохимические типы территории (зоны, провинции и т. д.).

Природная среда представляет собой сложное и разнообразное сочетание и взаимодействие абиотических и биотических систем и компонентов литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы в целом. В ней действуют экзогенные, эндогенные и космические факторы и процессы, приводящие к самым разнообразным физическим, химическим и биологическим реакциям, определяющие развитие рельефа, разрушения пород и минеральные новообразования, геохимические процессы миграции вещества, его рассеяние и концентрацию, развитие органического мира, формирование специфических типов ландшафтов, природных средств и геосистем, характерных для суши и Мирового океана (рисунок 1.1).

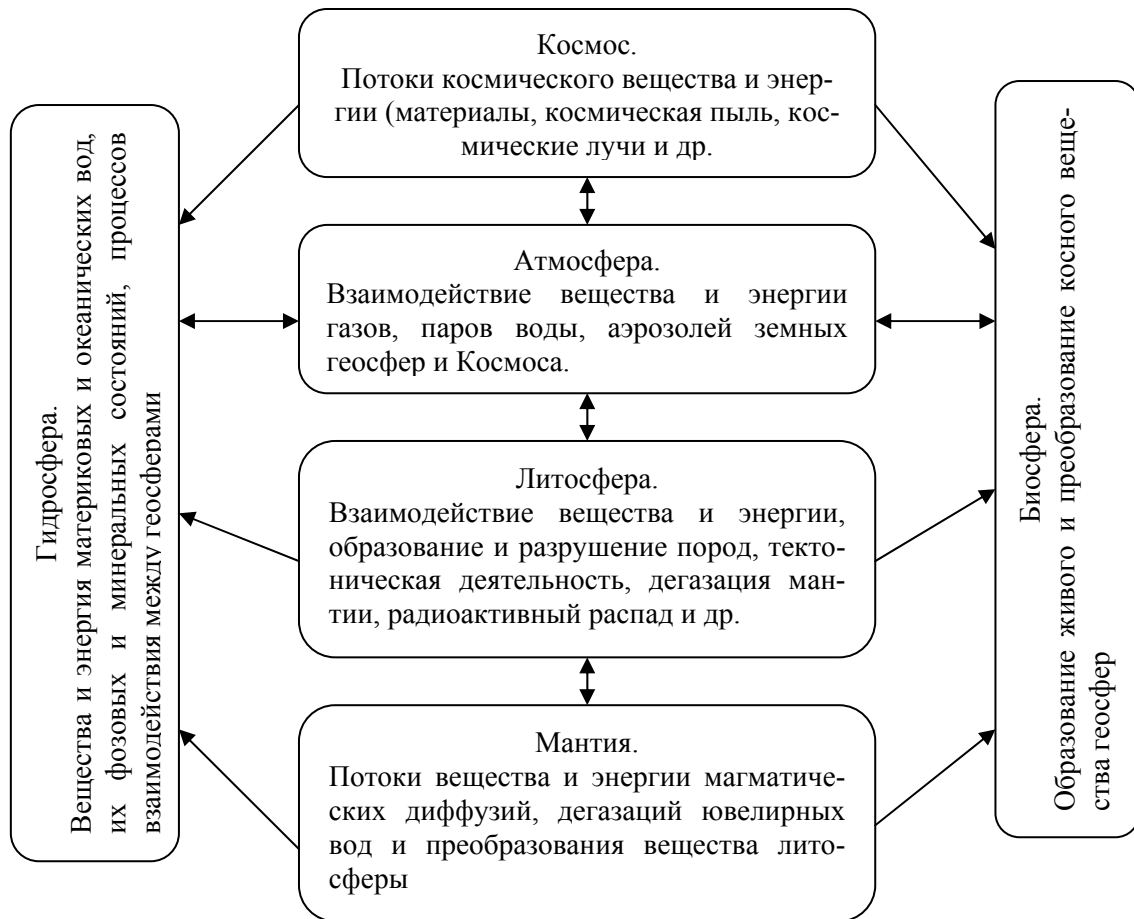


Рисунок 1.1 – Взаимодействие геосфер (геооболочек) между собой [2]

Каждая геосфера представляет собой сложный комплекс материальных систем и компонентов твердой, жидкой и газообразной форм, взаимодействующих между собой и с Космосом. Равновесные состояния их поддерживаются космической и планетарной миграцией и дифференциацией вещества и энергии, переходом из одних состояний в другие. В общей массе Земли атмосфера составляет 0,00009 %, гидросфера 0,024 %, литосфера (земная кора) 0,4 %; мантия 67,2 % [4].

Биосферой или экосферой называют часть географической оболочки, в которой протекают все геохимические процессы и концентрируются живые организмы. Биосфера включает в себя тропосферу с наиболее плотным слоем атмосферы. В состав биосферы входит также верхняя часть литосферы, каменной оболочки Земли с осадочными породами глубиной 3–4 км.

Понятие о биосфере было впервые введено в науку австрийским геологом Э. Зюссом. Более глубоко и детально учение в области биосферы разработано академиком В.И. Вернадским. По его мнению «биосфера – это наружная оболочка Земли, в которой жизнь во всех ее проявлениях (в том числе и ретроспективных) играет основополагающую роль и может выходить за рамки своей географической оболочки». Отождествление биосферы с «живым веществом» в связи с этим, очевидно, значительно суживает представление В.И.Вернадского о биосфере.

В эволюции биосферы очень важным является понятие о метабиосфере (биосфера сюда не входит) – осадочная оболочка Земли, где аккумулярованы прямые и косвенные продукты жизнедеятельности «былых биосфер», и понятие ноосфера – будущее состояние биосферы. Представляя ноосферу лишь как «сферу разума», мы суживаем надвещественный и духовный мир, упрощаем понимание ее В.И.Вернадским, который обозначил ее как сферу разума, включающую конкретные материально-энергетические продукты, созданные в результате разумной деятельности человека. Сферу материальной деятельности называют техносферой, сферу материальной и духовной культуры – социосферой.

Функцией биосферы является осуществление устойчивого и непрерывного материально-энергетического взаимодействия между физической оболочкой Земли и прилегающим космическим пространством.

Как известно, функции управления природными процессами принадлежат человеку. Поэтому для понимания всех процессов, происходящих в настоящее время, необходимо выяснить, какие структурные элементы биосферы выполняли эту функцию до человека. Основными функциями живого вещества биосферы являются [5]:

- энергетическая (поглощение солнечной энергии при фотосинтезе и химической энергии в результате разложения веществ) и их передача по цепям питания;

- концентрационная (избирательное накопление веществ для построения тела организма и выведение их из него при метаболизме);
- деструктивная (минерализация органического вещества и вовлечение его в биологический круговорот);
- средообразующая (преобразование физико-химических параметров среды);
- транспортная (перенос вещества в вертикальном, против градиента силы тяжести, и в горизонтальном направлениях).

Термин «биосфера» указывает конечную цель глобальной экологии, которая получила «общественный заказ» не только следить за изменениями в биокосных системах, но и разрабатывать рекомендации по управлению этими изменениями. В связи с этим в настоящее время интенсивно развиваются прикладные аспекты экологии.

Гидросфера – это водная оболочка Земли объемом 1800 млн. км³. Она состоит из вод мирового океана (1370 млн. км³) и вод суши (свыше 90 млн. км³). Другие воды находятся в атмосфере в связанном состоянии (в земной коре и живых существах). Пресные воды составляет только 2,8 % массы всех вод Земли и лишь 0,65 % из этого объема находится в жидком состоянии (реки, озера, подземные воды).

В гидросфере Земли осуществляется круговорот воды. Перемещение воды происходит во всех направлениях. Распределение воды в гидросфере, в том числе, в разных агрегатных состояниях представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Распределение водных масс в гидросфере Земли [4]

Форма нахождения	Объем, 10 ³ км ³	Процент
Мировой океан	1370000	94,0
Подземные воды, в том числе активного водообмена	60000 4000	4,0 ≈ 0,3
Ледники	24000	1,7
Озера	280	≈ 0,02
Почвенная влага	80	≈ 0,01
Пары атмосферы	14	≈ 0,001
Речные воды	1,0	≈ 0,0001
Всего:	1458375	100,00

Площадь водной поверхности $360,8 \cdot 10^6$ км², средняя глубина мирового океана 3,8 км. Химический состав вод разнообразен.

Подземные воды различно минерализованы, отличаются отсутствием кислорода. Их верхние слои – грунтовые воды – участвуют в круговороте воды. К подземным водам относятся и термальные воды – гейзеры. Поскольку воды Земли минерализованы и постоянно мигрируют, гидросфера участвует в круговороте веществ (микроэлементов) в биосфере.

Пресная вода расходуется на удовлетворение хозяйственно-бытовых нужд населения, промышленностью, сельским хозяйством. Различают возвратное потребление – с возвращением забранной воды в источник (коммунальное хозяйство, промышленность, водохранилища) и безвозвратное водопотребление – с расходом ее на фильтрацию, испарение и т. п. (в основном, в сельском хозяйстве). Хотя запасы речных вод невелики (1200 км³ или 0,0001 % объема всей гидросферы), именно речная вода обеспечивает основной объем потребляемой воды в быту и народном хозяйстве, так как речные воды обладают значительной способностью к возобновлению и самоочищению.

Процесс урбанизации, интенсивное развитие промышленности, сельского хозяйства ведут к непрерывному возрастанию водопотребления (в течение 20-го века оно возросло более чем в 7 раз).

При безвозвратном отводе воды экологические последствия затрагивают не только собственно реку. Пересыхают или уже пересохли болота вдоль множества рек, так как болота в гораздо меньшей степени подпитываются периодическими паводками. Это приводит к исчезновению большого количества водной дичи и многих видов животных и растений, ранее обитавших в этих местах.

Природные комплексы. Окружающая человека природа выступает как *система*. В ней каждый компонент зависит от остальных. Изменения одного из компонентов вызывают изменения и других. Такие системы называют *природными комплексами*. Географическая оболочка является самым крупным

природным комплексом на нашей планете. В нем взаимодействуют верхняя часть литосферы, вся гидросфера и биосфера, низкие слои атмосферы.

Природные ресурсы (естественные) – это природные объекты и явления, используемые в настоящем, прошлом и будущем для прямого и непрямого потребления, способствующие созданию материальных богатств, воспроизводству трудовых ресурсов. К природным ресурсам относят в настоящее время полезные ископаемые, почву, растительность и животный мир, атмосферный воздух, воду, климат, солнечную и космическую радиацию.

Совокупность природных ресурсов и природных условий жизни общества, используемая в настоящее время или которая может быть использована в обозримом будущем, называют *природными благами* [4].

Природные ресурсы классифицируют: по их *использованию* (производственные, здравоохранительные, научные, эстетические и т. д.); по *принадлежности* к тем или иным компонентам природы (минеральные, земельные, лесные, водные, энергетические и др.).

По *характеру воздействия человека* природные ресурсы обычно делят на две категории: исчерпаемые и неисчерпаемые.

Исчерпаемые природные ресурсы, в свою очередь, подразделяются на невозобновимые, относительно возобновимые и возобновимые. К *невозобновимым* природным ресурсам относятся богатства недр (полезные ископаемые), так как после их добычи и использования они не могут стать тем, чем были раньше, а условия на Земле сегодня для их возникновения или восстановления практически отсутствуют. Почва является *относительно возобновимым* природным ресурсом, так как только при грамотном ее использовании сохраняется плодородие, способность получения высоких урожаев возделываемых культур. К *возобновимым природным ресурсам* относят растительный и животный мир. Они по мере использования могут восстанавливаться. Так, вместо использованных человеком растений и животных нарождаются новые.

К *неисчерпаемым* природным ресурсам относят: *космические* (солнечная радиация, морские приливы и др.), *климатические* (атмосферный воздух, тепло и влага атмосферы, энергия ветра), *водные*.

Та часть природных ресурсов, которая реально может быть вовлечена в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества при условии сохранения среды жизни человека, называется *природно-ресурсным потенциалом* [2]. Природно-ресурсный потенциал, экономически оцененный, входит в состав национального богатства. Природно-ресурсный потенциал – важнейшее понятие природопользования.

Природопользование – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Отсюда природопользование будет рациональным, если оно не приводит к резкому изменению природно-ресурсного потенциала. Оно будет рациональным, если человек найдет разумное сочетание растущего воздействия на природу с заботой о ней, с охраной и всемерным воспроизводством природной среды и ресурсов.

Понятие *охрана природных ресурсов* появилось в 30-х годах XX в, когда стала очевидной опасность истощения большинства природных ресурсов, необходимых в первую очередь для производственной деятельности человека.

Охрана природы – это мероприятия по сохранению глобальной системы жизнеобеспечения человечества на условно бесконечный срок.

Биогеоценоз – совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных состояний и компонентов (атмосферы, горной породы, почвы и гидрологических условий, растительности, животного мира, микроорганизмов), имеющая специфику взаимодействия этих компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией между компонентами и природными элементами.

Экосистема – совокупность различных видов растений (*продуцентов*), животных (*консументов*) и микроорганизмов (*редуцентов*), взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой таким образом, что вся эта совокупность может сохраняться неопределенно долгое время.

В каждой экосистеме существуют две группы основных компонентов: организмы (*биота*) и факторы неживой природы (*абиотические*).

Экологическая чистота – способность объекта АПК «вписываться» в растительно-энергетические природные циклы и мера воздействия его на окружающую среду (параметры состояния среды).

Экологическое воздействие – последствия любых (преднамеренных или случайных, постепенных или катастрофических) антропогенных изменений природных объектов и факторов, связанных с агропромышленным производством.

Экологическая безопасность объекта АПК – состояние защищенности окружающей природной среды от воздействий объектов агропромышленного комплекса. При этом обеспечивается функционирование природно-технических систем в пределах допустимого изменения параметров окружающей среды.

Параметры состояния окружающей среды – температура, давление, объем газов, жидкостей, концентрации веществ, напряженность электромагнитного поля, радиоактивность и др. Они должны находиться в строгих диапазонах для обеспечения устойчивости экосистем.

Локальная экологическая катастрофа – многократное превышение критических (предельно допустимых) уровней и нагрузок на локальные экосистемы по различным ингредиентам и видам воздействия, в результате которых нарушается их устойчивость.

Материальные и энергетические преобразования, происходящие в экосистемах, обеспечивают поддержание жизни на Земле и заключаются в следующем [6]:

- 1 экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду солнечной энергии, поступающей на поверхность планеты в избыточном для них количестве;
- 2 получение ресурсов, избавление от отходов происходит без загрязнения среды в рамках круговорота веществ, прежде всего круговорота соединений углерода, азота, серы, фосфора;
- 3 реализуется принцип экологической пирамиды: чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень.

Трофическая (пищевая) цепь – ряд организмов, каждое предыдущее звено которого служит пищей следующему и одновременно является цепью передачи энергии. На первом (нижнем) трофическом уровне расположены продуценты (растения, аккумулирующие солнечную энергию) и редуценты (микроорганизмы, разлагающие органическое вещество). На следующем уровне – консументы (насекомые, растительноядные животные). Далее – первичные хищники, вторичные хищники. Всего в экосистемах имеется 5–7 трофических уровней, так как из-за потерь энергии на поддержание обменных процессов каждому последующему трофическому уровню достается все меньше энергии.

Загрязнение – любое нежелательное для экосистем антропогенное изменение. Виды загрязнений приведены на рисунке 1.2.

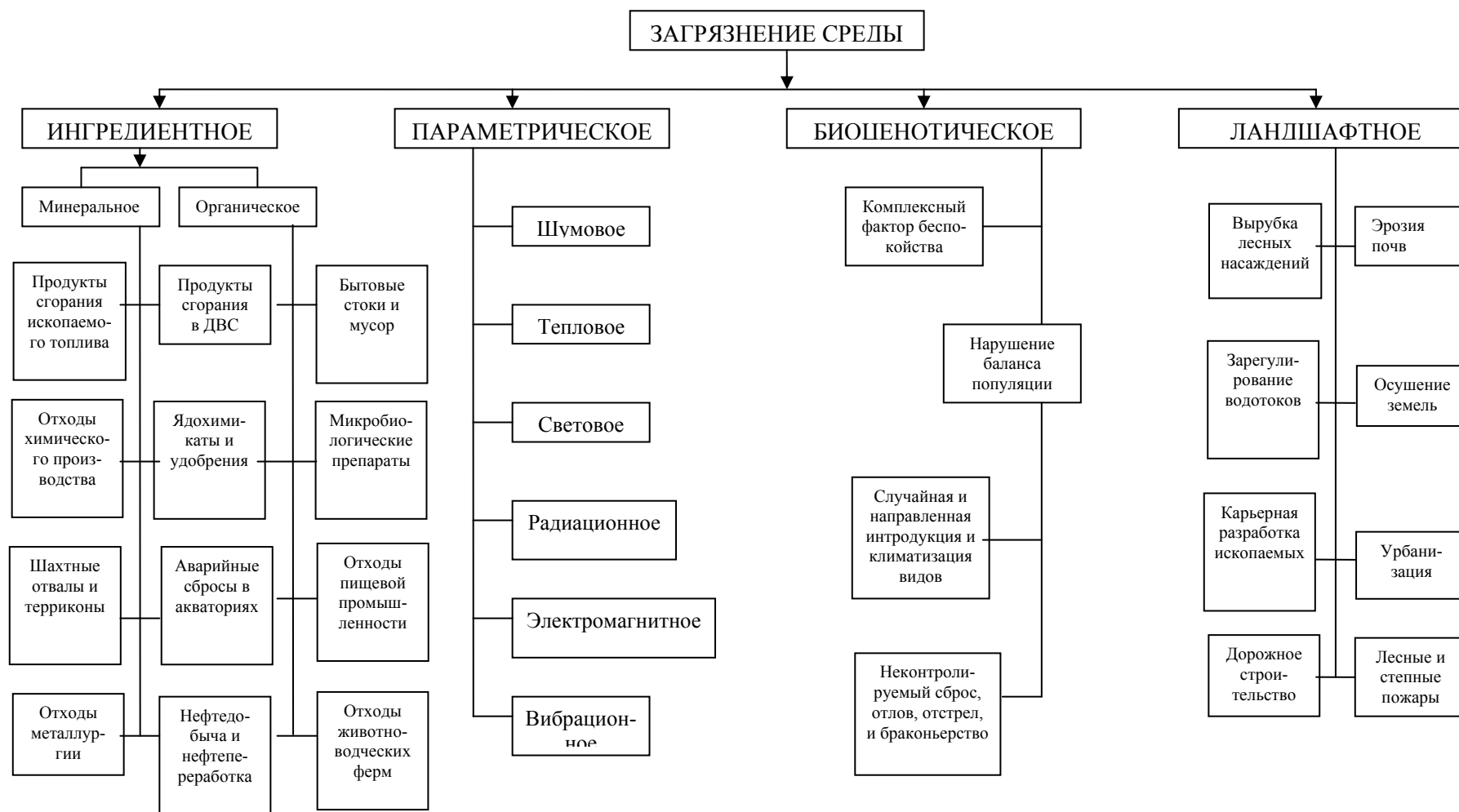


Рисунок 1.2 – Виды загрязнений окружающей среды [7]

Ингредиентное вызвано воздействием совокупности химических веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам.

Параметрическое связано с изменением качественных параметров ОС (шум, вибрация, теплота, электромагнитное излучение).

Биоценотическое заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов.

Ландшафтное представляет собой разрушение местообитания организмов и нарушение регенерационных свойств природных ландшафтов.

Данные об объемах и динамике потребления природных ресурсов, загрязнения окружающей среды показывают, что человечество чрезмерно эксплуатирует источники и стоки планеты. Темпы использования материалов и энергии из планетарных источников и темпы приема отходов планетарными стоками должны согласовываться и не причинять ущерба природным процессам поглощения, регенерации и регулирования, так как любой вид ресурсов (пища, вода, лес, железо, нефть и т. д.) ограничен своими источниками и стоками.

Источники и стоки могут воздействовать друг с другом. Один и тот же элемент природной системы может быть одновременно источником и стоком (участок земли, где выращиваются сельскохозяйственные культуры и выпадают кислотные осадки). Способность природной системы выполнять одну из этих функций зависит от того, с какой интенсивностью она выполняет другую. Существуют устойчивые связи между загрязнением окружающей среды и круговоротом веществ. Основным препятствием нарушения экологического равновесия в окружающей среде является наличие определенного потенциала ее самовосстановления и очищения от загрязнителей.

Антропогенная деятельность человека приводит к *потере устойчивости экосистем, их деградации и разрушению*. Это проявляется в изменении параметров окружающей среды (концентрации химических веществ, температуры, влажности воздуха, давления и др.) и сокращении биоразнообразия. Оказывается разрушенным и разомкнутым биогеохимический круговорот

веществ. Поэтому природные ресурсы перестают воспроизводиться в пределах прежних естественных колебаний.

Экосистемы разрушаются также в результате:

- возможного *потепления климата* из-за изменения концентрации отдельных газов (O_3 , CO_2) в стратосфере и тропосфере;
- *снижения прозрачности атмосферы* за счет ее загрязнения;
- *изменения альbedo земной поверхности* в результате воздействия на природные ландшафты (уничтожение растительности, вспашка и орошение земель);
- *атмосферно-гидросферного закисления* (рН-эффект, который обусловлен повышением концентрации ионов водорода из-за выбросов в атмосферу оксидов азота и серы).

Последствия этих и других наблюдаемых явлений для здоровья человека недостаточно изучены. Мера этих проявлений неизвестна.

Экологический кризис – нарушение биогеохимического круговорота в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем и, как следствие, нарушение устойчивости окружающей среды.

Возникает положительная обратная связь – проявление кризиса ослабляет устойчивость многих экосистем, сообществ организмов, что, в свою очередь, усиливает нарушение биогеохимического круговорота и т. д.

Человек в созданной им искусственной среде обитания, которая погружена в естественную среду и очень жестко зависит от нее, всегда будет жить и действовать рискуя вызвать необратимые изменения в окружающей среде.

Обеспечение экологической безопасности – такое ограничение действия детерминированных и случайных факторов, когда допустимые уровни опасности не превышают порога устойчивости биоты.

Признаками выхода за пределы устойчивости являются следующие:

- сокращение запасов ресурсов;
- увеличение концентрации загрязнителей;

- отвлечение капитала, материальных, трудовых ресурсов от производства конечной продукции на эксплуатацию более скудных, отдаленных, более рассеянных ресурсов или на виды деятельности, которые раньше бесплатно делала природа (обработка сточных вод, очистка воздуха, восстановление питательных веществ в почве, сохранение биоразнообразия), или для охраны, поддержания, получения доступа к оставшимся ресурсам;
- сбои природных механизмов очистки от загрязнений;
- возрастание числа конфликтов из-за владения источниками ресурсов.

В итоге:

- население и экономика получают искаженные и запаздывающие сигналы о физических пределах источников и стоков материалов и энергии, а также происходит запаздывание ответов на эти сигналы;
- пределы системы не только конечны, но и подвержены разрушению при избыточной нагрузке на них.

Одна из распространенных ошибок – попытки общества обойти проблему существования ограничений, подменяя ее слепой верой в технический прогресс и возможности свободного рынка.

Рынок нужен для привлечения внимания к проблеме (истощение ресурсов или рост загрязнения среды), для изыскания средств на ее решение, выбора наилучшего варианта решения и получения положительного результата. Технология служит средством решения проблемы. Рынок и технологии зависимы и образуют контур отрицательной обратной связи, т. е. цепь причинных отношений, которая меняет направление изменений на противоположное, корректирует ситуацию, восстанавливает баланс. При этом истощение преодолено, загрязнение уничтожено. Общество может продолжать рост. Такие адаптивные контуры играют важную роль, но, удалив или отодвинув один предел, общество неизбежно столкнется с одним или с несколькими другими пределами.

Устойчивое развитие – обеспечение условий, когда контуры положительных и отрицательных обратных связей уравнивают друг друга, а

основные запасы планетарной экосистемы (население, капитал, земля, невозобновимые ресурсы, уровень загрязнения) находятся в состоянии динамического равновесия и остаются постоянными.

Общество, достигшее состояния устойчивости (динамического равновесия), отличается тем, что в нем:

- стабилизируется численность населения;
- экономическое развитие происходит при стабильном потреблении природных ресурсов (новые предприятия, дороги, здания, технические средства производятся взамен старых, которые разрушаются и поступают во вторичную переработку);
- поток материальных благ, приходящийся на одного человека, не увеличивается, но становится разнообразнее по составу.

Устойчивое общество очищает окружающую среду от загрязнителей с использованием биотехнологий, овладевает новыми знаниями, повышает эффективность производственных процессов, меняет технологии, совершенствует систему управления, обеспечивает более справедливое распределение и делает жизнь более разнообразной. Принципы обеспечения устойчивого развития, связанные с потреблением ресурсов (энергии и материалов), заключаются в следующем [2]:

- темпы потребления возобновимых ресурсов (почва, вода, древесина, биоресурсы) не должны превышать темпов регенерации. Возобновимые ресурсы способны к восстановлению через размножение или другие природные циклы за сроки, соизмеримые со сроками их потребления;
- темпы потребления невозобновимых ресурсов (ископаемое топливо, высококачественные руды, грунтовые воды) не должны превышать темпов их замены на неисчерпаемые или возобновимые ресурсы (солнечная энергия, ветер, приливы, геотермальные воды, энергия волн, вещества, включенные в естественные биогеохимические циклы круговорота). Например, нефтяное месторождение можно эксплуатировать в стабильном режиме, если часть доходов от него систематически вкладывается в производство устройств

преобразования солнечной, ветровой, приливной, геотермальной энергии (неисчерпаемые ресурсы) или посадку деревьев. В результате после исчезновения нефти будет обеспечен эквивалентный поток энергии от неисчерпаемого или возобновимого ресурса;

➤ интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна превышать темпов, с которыми эти вещества перерабатываются, поглощаются или теряют вредные для ОС свойства. Например, канализационные стоки можно спускать в реки со скоростью, при которой природные экосистемы в состоянии их переработать.

Устойчивое развитие природных экосистем обеспечивается биотическим потенциалом – размером популяций живых организмов, приспособленностью их к местообитанию, а также диапазоном наследственности, который позволяет адаптироваться к быстрым изменениям свойств ОС.

Специалисты, работающие в агропромышленном комплексе должны стремиться к обеспечению устойчивости развития производства – баланса «спрос-предложение», при повышении качества продукции и сохранении экологически безопасного уровня воздействия на окружающую среду.

2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И ПРИРОДООХРАННОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

2.1 Экологическая политика

Главной целью государственной экологической политики Республики Беларусь является обеспечение благоприятной экологической обстановки для жизни и труда людей, рациональное использование и охрана природных ресурсов, выработка правовых и экономических основ охраны окружающей среды и рационального природопользования в интересах настоящего и будущих поколений.

Основные направления экологической политики государства определены в «Концепции государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды» (утверждена Верховным Советом Республики Беларусь 6 сентября 1995 г.), «Национальном плане действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006–2010 гг.» (утвержден Указом Президента Республики Беларусь от 5 мая 2006 г. № 302), «Национальной стратегии и плане действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь» (одобрена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26 июня 1997 г. № 789).

Важнейшими принципами экологической политики являются [8]:

- » поддержка целостности экосистем посредством эффективного управления природными ресурсами;
- » снижение пресса на экологию со стороны экономики (в процессе ее роста);
- » защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него;
- » социальное и экологическое взаимодействие для повышения качества жизни;
- » расширение сотрудничества с учетом глобальной экологической взаимозависимости.

Важнейшей задачей экологической политики остается минимизация последствий чернобыльской катастрофы с точки зрения обеспечения максимально возможных безопасных условий проживания и реабилитации природных комплексов.

В свою очередь, у объекта-природопользователя экологическая политика должна [9]:

- а) соответствовать характеру, масштабу и воздействиям на окружающую среду деятельности предприятия, продукции или услуг;
- б) включать обязательство в отношении постоянного улучшения состояния окружающей среды и предотвращения ее загрязнения;
- в) включать обязательство в отношении соответствия надлежащему природоохранному законодательству и регламентам, а также другим требованиям, с которыми предприятие согласилось;
- г) предусматривать основу для установления целевых и плановых экологических показателей и их анализа;
- д) документально оформляться, внедряться, а также доводиться до сведения всех служащих;
- е) быть доступной для общественности.

Первым важным шагом является разработка перечня объектов, подлежащих оценке воздействия предприятия на состояние окружающей среды. Объектами могут быть деятельность предприятия, конкретные операции или конкретный участок. Общепринятыми средствами для проведения оценки являются:

- анкеты;
- интервью, контрольные листы;
- прямая проверка и измерение;
- анализ зарегистрированных данных.

Организации, включая малые и средние предприятия, могут получить консультации у ряда внешних источников, таких, как:

- правительственные ведомства (по поводу законов и разрешений);

- местные или региональные библиотеки или базы данных;
- другие организации (в части обмена информацией);
- промышленные ассоциации;
- крупные потребительские организации;
- изготовители находящегося в эксплуатации оборудования;
- деловые партнеры;
- организации, оказывающие профессиональную помощь.

Экологическая политика может устанавливать обязательства в отношении:

- минимизации любых значительных отрицательных воздействий на окружающую среду со стороны новых разработок, достигаемой путем использования интегрированных процедур управления окружающей средой и планирования соответствующих мероприятий по управлению;
- разработки процедуры оценки экологической эффективности и связанных с ней показателей;
- проектирования продукции таким образом, чтобы минимизировать ее отрицательное воздействие на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации;
- предотвращения загрязнения, сокращения отходов и потребления ресурсов (материалов, топлива и энергии), восстановления и повторного использования вместо утилизации там, где это возможно;
- обмена опытом в области экологии;
- привлечения заинтересованных сторон и установления с ними связи;
- работ, ведущих к устойчивому развитию;
- поощрения поставщиков и подрядчиков к внедрению системы управления окружающей средой.

Предприятиям следует определить свои экологические аспекты и с учетом входной и выходной информации, связанной с их текущими и соответствующими видами деятельности, продукцией и (или) услугами.

Предприятию, не имеющему системы управления окружающей средой, следует сначала определить свое положение относительно состояния окру-

жающей среды. Целью анализа должно быть рассмотрение всех экологических аспектов организации в качестве основы для создания системы управления окружающей средой.

Анализ должен охватывать следующие области:

- а) требования законодательных актов и регламентов;
- б) идентификацию важных экологических аспектов;
- в) изучение всех существующих методов и процедур управления окружающей средой;
- г) оценку информации, поступившей по обратной связи после исследования предшествующих событий.

Предприятия, имеющие действующую систему управления окружающей средой, могут не проводить такой анализ.

Во всех случаях следует уделять внимание нормальным и аномальным рабочим процессам в рамках предприятия, а также потенциальным аварийным условиям.

Анализ может также включать контрольные перечни, интервью, непосредственные проверки и измерения, результаты предшествующих аудитов или других анализов в зависимости от характера деятельности предприятия.

В процессе идентификации важных экологических аспектов, связанных с деятельностью функциональных единиц, следует рассмотреть:

- а) выбросы в воздух;
- б) сбросы в воду;
- в) удаление и очистку сточных вод;
- г) радиоактивное заражение местности;
- д) использование сырья и природных ресурсов;
- е) другие локальные экологические и общественные проблемы.

В этом процессе следует рассматривать нормальные рабочие условия, а также реальные потенциально возможные значительные воздействия, связанные с обоснованно прогнозируемыми или аварийными ситуациями.

Этот процесс предназначен для того, чтобы идентифицировать важные экологические аспекты, связанные с деятельностью, продукцией или услугами, и не предназначен для установления требований проведения оценки жизненного цикла. Предприятиям нет необходимости оценивать входные данные о каждом изделии, компоненте или сырье. Они могут выбрать категории видов деятельности, продукции или услуг с целью идентификации аспектов, которые с наибольшей вероятностью окажут существенное воздействие.

Экологический аспект связан с элементом деятельности предприятия, его продукцией или услугами, которые могут оказать положительное или отрицательное воздействие на окружающую среду. Например, это может быть сброс, выброс, потребление или повторное использование материала, а также шум.

Идентификация экологических аспектов и оценка связанных с ними воздействий на окружающую среду представляют процесс, который может быть осуществлен в четыре этапа:

- выбор вида деятельности, продукции или услуг;
- идентификация экологических аспектов деятельности, продукции или услуг;
- идентификация воздействия на окружающую среду;
- оценка значительности воздействий.

Значительность каждого идентифицированного воздействия на окружающую среду может быть различной для предприятия.

При рассмотрении возможных вариантов решения экологических вопросов предприятие может предусмотреть использование новейших технологий там, где это экономически необходимо с точки зрения стоимости и рациональности использования.

Различают целевые и плановые экологические показатели предприятия. Целевые показатели могут включать обязательства:

- сократить отходы и истощение ресурсов;
- сократить или исключить выброс загрязняющих веществ в окружающую среду;

- проектировать продукцию таким образом, чтобы свести к минимуму ее отрицательное воздействие на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации;
- регулировать воздействие источников сырья на окружающую среду;
- свести к минимуму любое значительное отрицательное воздействие новых разработок на окружающую среду;
- способствовать осведомленности работников и общества о проблемах окружающей среды.

Достижение целевых экологических показателей обычно может быть определено с помощью следующих характеристик экологической эффективности:

- количество использованного сырья или потребленной энергии;
- количество выбросов, например, CO_2 ;
- количество полученных отходов на объем готовой продукции;
- эффективность использования материальных и энергетических ресурсов;
- количество отклонений в состоянии окружающей среды (например, отклонения в сторону превышения установленных пределов);
- количество экологических аварий (например, незапланированные выбросы);
- количество утилизированных отходов, %;
- количество утилизированного материала, используемого для упаковки, %;
- количество специфических загрязняющих веществ (например, NO_2 , SO_2 , CO);
- капиталовложения в мероприятия по охране окружающей среды;
- число судебных разбирательств.

Для того чтобы обеспечить соответствие установленным требованиям и регламентам, предприятие должно идентифицировать требования, применимые к его деятельности, продукции или услугам, и понимать их. В состав регламентов могут входить: регламенты, относящиеся к деятельности (например, разрешения на проведение работ на данном участке); регламенты, относящиеся к отрасли промышленности, к которой принадлежит предприятие; природоохранные законы.

2.2 Законодательная и нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов

В Республике Беларусь уделяется значительное внимание проблеме укрепления экологического правопорядка. В Концепции национальной безопасности среди важнейших поставлена задача по созданию целостной общегосударственной системы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Выполнение указанной задачи требует объединения усилий всех государственных органов, организаций и граждан в обеспечении исполнения и соблюдения экологического законодательства Республики Беларусь.

Эффективное применение экологического законодательства Республики Беларусь обеспечивается при наличии следующих условий:

- доведения содержания эколого-правовых норм до сведения тех, чье поведение ими регулируется;
- усвоения участниками экологических отношений содержания эколого-правовых норм как эталона поведения;
- выработки единой практики квалификации деяний, являющихся экологическими правонарушениями, которая принята природоохранными и правоохранительными органами.

Охрана окружающей среды начинается с установления:

- нормативов качества окружающей среды;
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду;
- лимитов на природопользование.

Нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, а также иные нормативы в области охраны окружающей среды устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и иными специально уполномоченными республиканскими органами государственного управления в соответствии с их компетенцией.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и применяются для оценки состояния окружающей среды и нормирования допустимого воздействия на нее.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;
- нормативы предельно допустимых физических воздействий;
- нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов.

К нормативам допустимого воздействия на окружающую среду относятся:

- нормативы допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ;
- нормативы образования отходов производства;
- нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровень шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);
- нормативы допустимого изъятия природных ресурсов;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- нормативы иного допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и другой деятельности, устанавливаемые законодательством Республики Беларусь.

Лимиты на природопользование представляют собой установленные природопользователям на определенный период времени объемы предельного использования (изъятия, добычи) природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, размещения отходов и иных видов вредного воздействия на окружающую среду.

К факторам, влияющим на процесс создания эффективной системы экологического законодательства, относятся также социальные, идеологические, культурно-исторические, экологические, экономические, организационные и нравственно-воспитательные. Определенное влияние оказывают:

- ухудшение экологической обстановки и уровня жизни в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС;
- рост изношенности производственных мощностей и других жизнеобеспечивающих систем;
- использование несовершенных технологий;
- ухудшение состояния финансовой системы;
- природные бедствия и катастрофы;
- функционирование экологически опасных производств и проведение военных учений в сопредельных государствах;
- глобальное сокращение биологического разнообразия;
- низкий уровень экологического воспитания;
- отсутствие достаточного количества специалистов по природоохранным вопросам на предприятиях, в учреждениях и организациях.

В последние годы в Республике Беларусь ведется целенаправленная работа по совершенствованию природоохранного законодательства, принят ряд важнейших Законов: «Об охране окружающей среды», «О государственной экологической экспертизе»; «О налогах за пользование природными ресурсами (экологический налог)»; «Об отходах»; «Об особо охраняемых природных территориях и объектах»; «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС»; «Об охране и использовании животного мира»; «Об охране атмосферного воздуха»; «О радиационной безопасности населения»; «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»; «О питьевом водоснабжении»; «О гидрометеорологической деятельности»; «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; «О перевозке опасных грузов»; «Об охране озонового слоя»; кодекс Республики Беларусь о недрах; водный кодекс Республики Беларусь; земельный кодекс; лесной кодекс и др.

Важным направлением повышения экологической безопасности Беларуси является международное сотрудничество в этой сфере. Наша экологиче-

ская политика постоянно корректируется с учетом новых реалий. основополагающими в этом плане явились документы и рекомендации конференции ООН по охране окружающей среды и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и общеевропейских встреч министров окружающей среды в Люцерне (1993 г.), Софии (1995 г.) и Орхусе (1998 г.).

Республика Беларусь уделяет большое внимание выполнению международных Конвенций и подписанных к ним протоколов, стороной которых она является. Это:

- ▶ Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (ратифицирована 30.12.75 г.);
- ▶ Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (ратифицирована 23.05.78 г.);
- ▶ Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (ратифицирована 13.01.1980 г.);
- ▶ Венская Конвенция об охране озонового слоя (ратифицирована 20.06.1986 г.);
- ▶ Монреальский Протокол о веществах разрушающих озоновый слой (ратифицирован 31.10.1988 г.);
- ▶ Лондонская поправка к Монреальскому Протоколу о веществах, разрушающих озоновый слой (ратифицирована 10.06.96 г.);
- ▶ Конвенция ООН о биологическом разнообразии (ратифицирована 10.06.1993 г.);
- ▶ Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС) (присоединение 20.12.1994 г.);
- ▶ Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (ратифицирована 25.04.2000 г.);
- ▶ Рамсарская Конвенция (ратифицирована 25.05.99 г.);

- ▶ Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (подписана 26.02.91 г.);
- ▶ Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц, утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 25 мая 1999 г.;
- ▶ Конвенции о ядерной безопасности, утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 2 сентября 1998 г.;
- ▶ Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 14 декабря 1999 г. № 726;
- ▶ Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий, ратифицированная Законом Республики Беларусь от 30 апреля 2003 г.;
- ▶ Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 21 апреля 2003 г.;
- ▶ Конвенция о сохранении мигрирующих видов диких животных, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 12 марта 2003 г.;
- ▶ Международная конвенция по охране новых сортов растений, ратифицированная Законом Республики Беларусь от 24 июня 2002 г.;
- ▶ Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке, утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 17 июля 2001 г.;
- ▶ Картахенский протокол по биобезопасности от 29 января 2000 г. к Конвенции о биологическом разнообразии, ратифицирован Законом Республики Беларусь от 6 мая 2002 г.;
- ▶ Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 16 сентября 1999 г.;

► Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, ратифицирована Законом Республики Беларусь от 17 июля 2002 г.; и др.

В целях выполнения вышеуказанных международных природоохранных конвенций и соглашений в Республике Беларусь разработаны и осуществляются мероприятия, способствующие улучшению экологической обстановки в республике, созданию правового механизма природоохранной деятельности.

2.3 Экологическое просвещение, образование и воспитание

Экологическое воспитание и просвещение формирует у человека сознательное восприятие окружающей природной среды, убежденности в необходимости бережного отношения к природе, к разумному использованию ее богатств, пониманию важности приумножения естественных ресурсов. В современных условиях экологическое воспитание и просвещение – важнейшая из основ процесса гармонизации взаимодействия общества с природой, формирования у населения высокосознательного, ответственного отношения к обеспечению благоприятной по качеству окружающей среды.

Экологическое просвещение должно привить человеку в первую очередь знания и навыки разумного общения с природой, совершенствования методов и способов рационального природопользования. Ключевым моментом в этом образовательном процессе должно стать формирование новой социальной и экологической нравственности. На смену лозунгам «Мы не можем ждать милостей у природы, взять их у нее – наша задача!» или «Человек – царь природы» должны прийти установки на разумное и бережное отношение к Природе, нашему общему дому – планете Земля [4].

Экологические ошибки и промахи не всегда объективно неизбежны. Природа вынуждена терпеть наше равнодушие, иногда нежелание «мыслить глобально, действовать локально». И природа нередко становится заложницей

тех псевдоэкологических обоснований, которые были воплощены в смертельные для нее технические проекты, обремененные сиюминутными хозяйственными интересами.

Поэтому современный инженер, это прежде всего специалист, наделенный экологической логикой в своей профессиональной деятельности, который обязан изыскивать все возможные резервы для минимизации экологического риска и ущерба природной среде, воспринимать принцип «не убий» в глубоко осознанном его значении, пронизывающем все аспекты инженерной деятельности.

Одним из условий успешного проведения такой экологической политики является создание системы непрерывного экологического образования, воспитания и просвещения населения, включающей: формирование экологической культуры воспитанников детских дошкольных учреждений; экологическое воспитание и образование в учреждениях, обеспечивающих получение среднего, профессионально-технического и среднего специального образования; формирование экологической культуры студенческой молодежи; экологическое образование и просвещение в системах переподготовки кадров и повышения квалификации.

Для решения этой задачи в РБ разработаны и утверждены Концепция и Республиканская программа совершенствования образования в области охраны окружающей среды. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ (Минприроды) разработана Республиканская многоуровневая интегрированная программа по образованию, воспитанию и просвещению в области окружающей среды на 2005–2010 гг., которая, помимо обучения, осуществляемого учреждениями национальной системы образования, предусматривает создание системы экологического просвещения с участием общественных организаций, средств массовой информации (СМИ), учреждений здравоохранения, культуры (библиотеки, музеи, дома творчества и др.), государственных природоохранных учреждений, организаций спорта и туризма и др.

Важное значение для совершенствования системы экологического воспитания отводится реализации положений Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусской конвенции), регулярное информирование населения о состоянии окружающей среды в стране и мерах по ее оздоровлению. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды осуществляется выпуск сборников нормативных документов, информационных бюллетеней, обзоров, докладов и другой литературы экологической направленности.

3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Воздействие на окружающую среду от эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП)

Тракторы, разнообразные комбайны и дизели грузовых автомобилей являются одними из главных источников загрязнений окружающей среды вредными продуктами сгорания дизельного топлива, акустическим воздействием, а также подтеками эксплуатационных смазочно-охлаждающих жидкостей. Шумность дизелей является их неизбежным конструктивным фактором, мало меняющимся в процессе эксплуатации. Что же касается токсичности отработавших газов дизелей (ОГ), то она является самым сильным негативным фактором воздействия дизелей на окружающую среду.

При эксплуатации машин различают следующие показатели экологической безопасности [8]:

- удельные выбросы CO , CH и NO_x в отработавших газах (ОГ) дизельных ДВС;
- дымность ОГ дизеля (в установившемся режиме и режиме свободного ускорения), с учетом условий эксплуатации;
- содержание CO и CH в отработавших газах карбюраторных ДВС;
- содержание CO и CH в ОГ газобаллонных ДВС;
- утечки газа из систем питания газобаллонных ДВС машин;
- содержание CO в воздухе рабочей зоны оператора трактора или сельскохозяйственной машины (герметичность кабины);
- утечки моторного, трансмиссионного и гидравлического масла, дизтоплива, охлаждающей жидкости;
- выбросы (утечки) отработавших газов помимо выхлопной трубы трактора или сельскохозяйственной машины;
- шум внешний и внутренний (в кабине водителя), создаваемый трактором (сельскохозяйственной машиной);

- вибрации на рулевом колесе и на сиденье оператора трактора (машины);
- удельное давление на почву движителей машины.

Проблема выброса вредных веществ с ОГ автотракторных ДВС оказывает негативное влияние на все стороны хозяйственной деятельности и быта человечества: здоровье населения, флору, фауну, водоемы и др. [8].

Вредное влияние токсичных компонентов ОГ автотракторных ДВС усугубляется и тем, что выбросы ОГ ДВС – один из глобальных факторов нарушения экологического равновесия на Земле, предвещающих так называемый «парниковый эффект» на планете с потеплением климата и с непредсказуемыми природными бедствиями.

ОГ – как продукты сгорания дизельного топлива и моторного масла представляют собой аэрозоль – смесь газов, паров воды, масла, несгоревшего топлива со взвешенными жидкими и твердыми частицами кокса, золы, сажи и другими частицами сложного органического и неорганического состава.

Основные компоненты ОГ дизелей и их краткая характеристика приведены в таблице 3.1. В составе ОГ ДВС в настоящее время известно свыше 1200 компонентов, представляющих интерес с технической и санитарной точек зрения. Концентрация даже основных вредных компонентов ОГ (NO_x , CH_x , альдегидов, CO) часто не превышает сотых долей процента. Их определение требует применения тонких методов анализа и представляет сложную и трудоемкую задачу, неразрешимую в обычных условиях. Поэтому при контроле ОГ дизелей ограничивают число определяемых компонентов – определяют содержание CO , NO_x , как двух наиболее токсичных.

При испытании дизелей в эксплуатационных условиях, когда необходимо контролировать целиком или выборочно большой парк машин, обычно ограничиваются контролем дымности ОГ, определением содержания CO , и иногда также NO_x , CH_x , альдегидов и окислов серы.

Таблица 3.1 – Основные компоненты отработавших газов (ОГ) ДВС [8]

Компоненты	Хим. формула	Содержание в ОГ, %			Краткая качественная характеристика компонентов токсичности	Класс опас.	Относ. токсичность	ПДК раб. зоны, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	
		карб.	диз.	сж. газ					м.р.	с.с.
Азот	N_2	74-77	74-78	75-77	Нейтральный газ	-	-	-	-	-
Кислород	O_2	0,3-8	2-18	0,2-5	Окислитель, в атмосфере не опасен	-	-	-	-	-
Пары воды	H_2O	3-5,5	0,5-9	2-4	Газообразные, конденсируются в выхлопном тракте	-	-	-	-	-
Двуокись углерода	CO_2	5-12	1-12	3-10	Бесцветный тяжелый газ, действует угнетающе: Н, РС, У, СС	-	0,1	-	-	-
Углеводороды (до 200 наим.)	CH_x	0,2-3	0,01-0,3	0,1-1,5	Аэрозоль из раздражающих и вредных веществ (С, РС, Г, Н, СС, КЯ, НС, КТ, П, ПО)	2-4	1,2	5-300	1,5-200 (30)	1-25
Альдегиды	R_xCHO	до 0,2	(1-10)* *10 ⁻³	до 0,1	Раздражающие и ядовитые вещества (С, О, Г, НЯ, Н, НС, П, ПО)	2-3	20-Акр 60-Форм. 100	0,7 0,5	0,030 0,035	0,030 0,013
Бенз(а)пирен, мкг/м ³	C_2OH_{12}	10-20	до 1	до 2	Бледно-желтое иглообразное кристаллическое канцерогенное вещество (К)	1	3,6* *10 ⁻⁶	1,5* *10 ⁻⁶	--	1*10 ⁻⁶
Оксид углерода (КЯ, НС)	CO	0,5-12	0,005-0,4	0,5-3	Ядовитый газ, несколько легче воздуха	4	1	20	3	1
Комплекс окислов азота (до 10 ВВ)	NO_x	до 0,8	0,004-0,5	до 0,4	Раздражающие ядовитые газы (КЯ, НС, П, КТ, О, РС)	2	20	NO_x -5 NO_2 -9 NO -30	-- 0,085 --	-- 0,085 --
Водород	H_2	-	0,01-0,5	-	Летучий газ	--	--	--	--	--
Оксиды серы и сероводород	SO_2	до 0,008	до 0,05	до 0,02	Ядовитые газы (РС, КЯ, КТ, П, Г, СС, НС)	3	12	10	0,5	0,05
Сажа, г/м ³	C	до 0,04	0,01-1,1	-	Мелкодисперсные частицы, сорбент вредных и канцерогенных веществ	3	24	3,5-4	0,15	0,05

Примечание – Качественные характеристики токсичности компонентов ОГ: О – общетоксическое действие; Г – поражение зрительного нерва и сетчатки глаз, помутнение хрусталика, ожоги роговицы; К – канцерогенность; КТ – яды, действующие на кровеносную систему; КЯ – кровяные яды, вызывают изменение состава крови; Н – наркотики; НС – поражение нервной системы; НЯ – нервные яды, вызывающие судороги и паралич; П – поражение печени; ПО – поражение почек; ПТ – поражение пищеварительного тракта; РС – раздражение слизистых оболочек глаза и дыхательных путей; С – участие в образовании смога; СС – поражение сосудистой системы; У – удушающее действие

Наиболее токсичными компонентами ОГ, исходя из класса опасности и концентрации, являются SO_2 и NO_x . Токсичность углеводородов достигает несколько процентов от общей токсичности ОГ, но простота их контроля и известная зависимость их концентрации от технического состояния дизеля делают контроль CH_x равноправным с контролем дымности. Контроль же NO_x ввиду ограниченности уникальной газоаналитической аппаратуры, сложности создания дизелю надлежащего нагрузочно-скоростного режима, а также из-за снижения концентрации NO_x по мере эксплуатации дизелей – мало целесообразен и затруднителен, а для массового охвата дизелей практически невозможен.

Один из токсичных компонентов ОГ – угарный газ (CO) – прозрачный, без запаха и вкуса, плотность по воздуху – 0,97, нерастворим в воде, весьма горюч, образует взрывчатую смесь. CO в организме человека образует карбоксигемоглобин, не переносящий кислорода, обуславливающий кислородное голодание. Последствия отравления: нарушение функций центральной нервной системы, головная боль, паралич, кровоизлияние в сетчатку глаз, потеря сознания, смерть. Поглощаемость CO кровью в 240 раз выше поглощаемости кислорода. Качественный признак CO в ОГ отсутствует. Характерные концентрации CO , % объемные:

- 0,0016 – безвредно;
- 0,0100 – хроническое отравление при длительном вдыхании;
- 0,0500 – слабое отравление через 1 час;
- 1,0000 – потеря сознания после нескольких вдохов.

Предельно допустимая концентрация CO в воздухе рабочей зоны – ПДК_{Р.З.} составляет не более 0,0016 %, максимальная разовая (ПДК_{М.Р.}) – не более 0,0024, средняя суточная (ПДК_{С.С.}) – не более 0,00008.

Пребывание больного сердцем в атмосфере с концентрацией CO 0,0007–0,0013 % приводит к инфаркту миокарда.

Концентрация CO в ОГ дизеля составляет от 0,005 до 0,49 % (наиболее вероятно – 0,02–0,15), ПДК_{Р.З.} – 0,0016 %, ПДК_{М.Р.} – 0,0024 %, ПДК_{С.С.} – 0,00008 %.

Наиболее токсичные компоненты ОГ – окислы азота, это смесь главным образом NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3 . Наибольшую непосредственную опасность представляет двуокись азота NO_2 , и ее полимер $N_2O_4 \cdot NO_2$ – газ бурого цвета с характерным запахом, с удельным весом по воздуху – 1,58, малорастворимый в воде.

В камере сгорания дизеля в основном образуется окись азота NO , но по мере охлаждения ОГ (от 620° до $150^\circ C$) она окисляется до двуокиси NO_2 . При дальнейшем понижении температуры NO_2 полимеризуется в четырехокись N_2O_4 , и при ($t_{окр} = 40^\circ C$) степень полимеризации превышает 70 %. Однако, наибольшее содержание NO в ОГ сохраняется.

Окислы азота многократно токсичнее CO , раздражающе действуют на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, остаются в легких в виде азотной и азотистой кислот. Их опасность усугубляется тем, что симптомы отравления проявляются только через 6 часов в виде кашля, удушья, возможен нарастающий отек легких, причем каких-либо нейтрализующих средств нет.

Под углеводородами CH_x понимают обширную группу органических соединений типа C_xH_y , отличающихся количеством атомов углерода и водорода и структурой молекулы. Углеводороды парафинового ряда C_nH_{2n+2} дают неприятный запах, раздражают слизистые оболочки глаз и носа.

Продукты фотохимических реакций углеводородов с окислами азота являются одной из причин «смога», а полициклические ароматические углеводороды являются канцерогенными, из них наиболее опасен – бенз(а)пирен, концентрирующийся в саже ОГ.

Обычное действие углеводородов – раздражающее воздействие на слизистые оболочки, центральную нервную систему. При острых отравлениях наблюдается головокружение, головная боль, тошнота, судороги, расширение зрачков и отсутствие их реакции на свет, расстройство дыхания и сердечной деятельности, поражение печени и почек.

Качественный признак повышенного выброса CH_x – белый («холодный») или голубоватый дым ОГ.

Общепринято, что токсичность углеводородов (CH_x) в 1,25–1,35 раз выше токсичности оксида углерода.

Характерные концентрации CH_x :

✓ ПДК_{с.с.} = 1–25 мг/л;

✓ ПДК_{м.р.} = 1,5–200 мг/л;

✓ ПДК_{р.з.} = 5–300 мг/л.

В ОГ дизелей допустимое содержание CH_x составляет 0,2–8 мг/л.

Кроме того, углеводороды становятся более токсичными на солнечном свете, вступая в реакцию с окислами азота, образуя перекиси и озон, которые действуют не только раздражающе, но и губят растительный мир.

Кроме углеводородов большую опасность в ОГ представляют другие органические соединений: олефины и альдегиды. Олефины выполняют активную роль в образовании смога: под действием солнечного света вступают в реакцию с окислами азота и образуют озон (O_3), а также и другие фотооксиданты – биологически активные вещества, вызывающие раздражения и заболевания слизистых оболочек. Из альдегидов в ОГ присутствуют формальдегид и акролеин, имеющий запах пригорелых жиров. Характерные концентрации акролеина: 0,00008 % – безвреден; 0,004 мг/л или 0,00016 % – порог восприятия запаха; 0,0005 % – трудно переносим; 0,002 % – непереносим; 0,014 % – приводит к смерти через 10 мин.

Формальдегид – бесцветный газ с резким и неприятным запахом, легко растворим в воде, также сильно раздражает слизистые поверхности и поражает центральную нервную систему, печень, почки. Характерные концентрации: 0,00037 – безвреден; 0,007 – раздражение слизистых поверхностей; 0,018 – осложнения.

ПДК_{р.з.} углеводородов в целом от 5 до 300 мг/м³, ПДК_{м.р.} 1,4–200 мг/л, а ПДК_{с.с.} 1–25 мг/л. В ОГ дизелей содержание CH_x составляет 0,009–0,3 или 0,2–8 мг/л. ПДК на акролеин и формальдегид не превышают соответственно 0,5–0,7 мг/л и 0,030–0,035 мг/л.

Сернистый ангидрид SO_2 – бесцветный газ с острым запахом, хорошо растворим в воде с образованием сернистой кислоты. Содержание SO_2 в ОГ пропорционально расходу топлива и содержанию серы в нем.

Характерные концентрации SO_2 : 0,0007–0,001 % – раздражение глаз, кашель; 0,004 – отравление через 3 мин; 0,01 – отравление через 1 мин из-за нарушения белкового обмена и ферментативных процессов. В целом воздействие SO_2 примерно в шесть раз опаснее воздействия окиси углерода.

Вредные выбросы в ОГ ДВС неизбежны, но их концентрация может значительно увеличиваться с разрегулировками, неисправностями, износами деталей системы питания, цилиндропоршневой группы и ГРМ, а также с ухудшением качества (повышением сернистости) топлива и моторного масла. Токсичны даже неисправные дизели при запуске и работе без прогрева на минимальных оборотах, с малой нагрузкой, на холостом ходу. Отсюда следует, что контроль и восстановление экологических характеристик дизелей операциями ТО и ремонта, а также обеспечением правильных режимов их работы при эксплуатации, позволяющими значительно уменьшить токсичность ОГ и удерживать ее в норме, является насущной задачей.

Наиболее опасны для человека твердые частицы сажи, которые являются продуктом крекинга и неполного сгорания топлива из-за больших капель распыленного топлива и малых концентраций кислорода. В саже, помимо углерода, водорода, воды, сульфатов и кислорода содержится ряд полициклических ароматических углеводородов. Задерживаясь в организме человека, сажа вызывает аллергию и является переносчиком бенз(а)пирена. При работе дизеля на одну тонну сжигаемого топлива выбрасывается примерно 17 кг твердых частиц сажи [8].

Онкологи утверждают, что одной из причин распространения раковых заболеваний является выброс в атмосферу полициклических ароматических углеводородов. Наибольшей активностью из них обладает бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$) – бледно-желтые иглообразные кристаллы с молекулярной массой 252, температурой плавления 339,5 К, температурой кипения 585 К.

Бенз(а)пирен является основным канцерогенным фактором смол, твердых частиц сажи и других различных продуктов неполного сгорания топлива. Длительность пребывания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе при осадках 6–7 дней, без осадков – 16 дней. Так же следует отметить, что бенз(а)пирен – канцерогенное вещество техногенного происхождения.

Доля выбросов вредных веществ в ОГ дизелей самоходных машин с каждым годом растет по ряду причин: из-за качества топлив и масел; отставания в разработке и внедрении комплекса мероприятий, снижающих выбросы вредных веществ самоходной сельскохозяйственной машиной и другими транспортными средствами; отставания, а также частичного отсутствия приборов и оборудования должной номенклатуры.

При оценке выбросов вредных веществ с ОГ тракторными и комбайновыми двигателями необходимо учитывать следующие особенности.

1 Тракторные и комбайновые двигатели – дизели. Бензиновые двигатели используются только в качестве пусковых.

2 Номенклатура машин, снабженных тракторными и комбайновыми двигателями, а также вид и перечень выполняемых ими работ более разнообразны, чем аналогичные показатели автомобильного транспорта. Например, в народном хозяйстве используются много моделей гусеничных и колесных тракторов, на основе которых создано значительное количество модификаций посредством навески дополнительного специального оборудования, что позволяет обеспечить потребности в широком ассортименте дорожных, мелиоративных, горных, подземных, строительных и других машин и оборудования.

Наиболее существенным загрязнением почвы, связанным с деятельностью агропромышленного комплекса, являются применяемые в растениеводстве удобрения и пестициды, нефтепродукты, попадающие в почву при эксплуатации машин, а также отходы производства ремонтно-обслуживающих предприятий.

Минеральные удобрения и пестициды (гербициды, фунгициды, инсектициды, дефолианты) являются необходимыми элементами интенсивных тех-

нологий растениеводства, но при неправильном использовании они отравляют почву и воду, включаются в пищевые цепи и, в конечном счете, вредят здоровью людей.

Нефтепродукты и отходы производства угнетающе действуют на окружающую среду. Чтобы предотвратить загрязнение почвы свыше предельно допустимых концентраций, необходимо правильно подбирать и строго соблюдать правила применения удобрений и пестицидов, применять безотходные технологии, утилизировать отходы, рационально организовывать захоронение не утилизируемых отходов и мусора.

Загрязнение водоемов отходами и ТСМ от самоходной техники приводит к серьезному ухудшению условий воспроизводства рыбы, сокращению их запасов и уловов.

Постоянное использование питьевой воды с высоким уровнем загрязнения химическими веществами природного и антропогенного характера является одной из причин развития соматических заболеваний у сельских жителей.

Крупнейшим водопользователем является сельское хозяйство. Оно же относится к основным источникам загрязнения гидросферы минеральными биогенными веществами. Загрязнение вод происходит путем вымывания рассмотренных выше вредных веществ из почвы, за счет промышленных стоков, в том числе и от предприятий АПК.

Для уменьшения загрязнения вод необходимо в обязательном порядке принимать меры против загрязнения почвы и воздуха, по уменьшению, обезвреживанию и очистке промышленных и сельскохозяйственных стоков.

Переуплотнение почв. Проблема переуплотнения почв в последние десятилетия выдвинулась на одно из первых мест в ряду антропогенных воздействий на природную среду. Переуплотнение ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв и ландшафтов – водной и ветровой эрозии.

Наиболее подвержены переуплотнению почвы, содержащие мало органического вещества. При орошении переуплотняются и высокогумусные

черноземы. Основной причиной переуплотнения почв является высокая техногенная на них нагрузка на фоне интенсивной дегумусификации пахотного горизонта. Для уменьшения отрицательных последствий переуплотнения применяются агротехнические, организационно-технологические и технологические мероприятия.

Влияние повышенного шума и вибрации на человека. Высокая шумовая нагрузка вызывает не только функциональные нарушения отдельных систем организма, но и приводит к росту заболеваемости сердечно-сосудистыми, нервными и другими болезнями. Продолжительный шум неблагоприятно влияет на человека, вызывая головную боль, головокружение, заболевания нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушение функции желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме.

Соблюдение санитарных норм устраняет перечисленные неблагоприятные явления и способствует повышению производительности труда.

В сельскохозяйственном производстве источниками вибрации являются мобильные агрегаты, используемые при ремонте технологического оборудования, а также механизированный инструмент. Длительное воздействие вибрации на организм приводит к расстройству нервной системы, изменениям сосудов и вестибулярного аппарата. Локальная вибрация поражает нервно-мышечный и опорно-двигательный аппараты, приводит к спазмам периферических кровеносных сосудов.

Снижение риска травмирования механизаторов АПК относится к числу сложных проблем, решение которых лежит на стыке экономических, технических, биологических, психологических и ряда других наук.

3.2 Экологические проблемы стационарных объектов АПК

Сложность экологической обстановки в Беларуси, вызванная как последствиями аварии на ЧАЭС, усугубляется и выбросами в атмосферу от объектов АПК. Это объекты перерабатывающей и животноводческой отраслей, ремонтно-обслуживающие, деревообрабатывающие предприятия и др.

3.2.1 Источники выбросов перерабатывающих и ремонтно-обслуживающих предприятий АПК

В системе Минсельхозпрода Республики Беларусь для переработки сельхозпродуктов имеются мясо- и молокозаводы, льнокомбинаты, а также внутрихозяйственные крахмальные, консервные цеха и предприятия. Загрязнение атмосферы в основном происходит от трех источников перерабатывающей отрасли:

- выбросы технологического оборудования (10–30 %);
- выбросы воздуха системами вытяжной вентиляции (70–90 %);
- неорганизованные выбросы на открытых площадках (пруды-отстойники, открытые емкости и т. д.).

В выбросах мясокомбинатов содержатся сероводород, аммиак, фенолы, кетоны, диоксид серы, оксид углерода, сажа, древесная и костная пыль. Основное вредное воздействие на загрязнение атмосферы вызывают запахи, которые распространяются на расстояние до 20 км. На предприятиях льнообработки образуются загрязненные воздушные выбросы при транспортировке, сортировке и механической обработке волокна. Льняная пыль, в основном органического происхождения, содержит обрывки волокон, шелухи, костры. Основную массу ее составляют частицы размером до 4 мкм. Из минеральных элементов присутствуют *SI*, *Al*, *Ca*, *Mg*, *Ni*, *Na*, *Fe*, *SR*, относящиеся к нетоксичным веществам. Нетоксичная пыль минерального и органического происхождения малоопасна, ее ПДК составляет 2 – 6 мг/м³ в рабочей зоне и 0,5 мг/м³ в атмосферном воздухе. В отходах деревообрабатывающих предприятий АПК, загрязняющих атмосферу, также содержится пыль. Наибольшее ее количество образуется при пилении, сверлении, строгании дерева (соответственно 360, 180 и 125 г/кг).

Экологическую опасность предприятия мясомолочной промышленности представляют для водных источников. Характеризуя состав сточных вод, применяют прямые или косвенные показатели – температуру, цветность, запах, прозрачность, мутность, плотность, общую кислотность и щелоч-

ность, содержание взвешенных жировых веществ, органических примесей и микроорганизмов.

В цехах технических фабрикатов осуществляется переработка непищевого животного сырья в сухие корма, включаемые в рацион сельскохозяйственных животных, в том числе птиц. В зависимости от используемого сырья получают следующие виды кормов животного происхождения: мясокостную, мясную, кровяную, костную и кератиновую муку, а также растительно-животные корма. Одновременно при выработке некоторых видов кормовой муки получают технический и кормовой жир.

Из цеха технических фабрикатов в атмосферу поступают газозвдушные выбросы четырех типов:

- технологические выбросы (несконденсировавшаяся часть «соковых паров»);
- вентиляционные выбросы систем местного отсоса воздуха от технологического оборудования;
- вентиляционные выбросы системы общеобменной вентиляции;
- неорганизованные выбросы (через оконные, дверные и технологические проемы).

Содержание неприятнопахнущих веществ наиболее велико в технологических выбросах: доля вредных веществ, поступающих в атмосферу с неконденсировавшейся частью паров, составляет более 50 % от общего количества выбрасываемых одорантов. С выбросами систем местной вентиляции в атмосферу поступает около 10 % массового выброса одорантов, столько же выбрасывается через оконные, дверные и технологические проемы производственных зданий. Остальная часть неприятно пахнущих веществ поступает в атмосферу с выбросами общеобменной вентиляции.

3.2.2 Воздействие деревообрабатывающего производства на окружающую среду

Для деревообрабатывающего производства характерно относительно небольшое потребление воды на технологические нужды. Исключение составляет производство ДВП, осуществляемое преимущественно мокрым способом с потреблением большого количества воды.

В отрасли имеет место широкое применение автотранспорта и машин с аккумуляторным источником энергии.

В деревообрабатывающем производстве используются процессы гидротермической обработки, прессования и сушки древесины, что вызывает необходимость создания достаточно мощных объектов энергоснабжения, которые потребляют различные виды топлива, включая отходы собственного производства. Деревообрабатывающее производство использует большое количество природного сырья и разнообразных материалов, дает значительное количество отходов. Факторами вредного воздействия деревообрабатывающего производства на окружающую среду являются [9]:

- продукты сгорания топлива в энергетических агрегатах и при уничтожении отходов (сажа, CO, NO₂, CO₂ ...); летучие вещества, выделяющиеся при прессовании, склеивании, отделке, пропитке (ламинировании) бумаги, защитной обработке древесины и изготовлении деталей из пенополиуретана; летучие вещества, выделяющиеся при обслуживании, эксплуатации и зарядке аккумуляторных батарей;
- сбросы производственных, хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод в водотоки, водоемы и на почву;
- размещение отходов на организованных и несанкционированных свалках (полигонах);
- ущерб природе от вырубки лесов, потребления различных видов сырья, материалов, энергоносителей и отчуждения земель;
- шум, вибрация и излучения.

3.2.3 Экологическая обстановка на животноводческих предприятиях и пути ее улучшения

Животноводческие предприятия являются потенциальными источниками загрязнения почвы и водоемов. По данным Всемирной организации здравоохранения, навоз может быть фактором передачи более 100 видов возбудителей болезней животных, в том числе опасных для человека. Особенно опасен жидкий навоз, получаемый при бесподстилочном типе содержания животных. Патогенная микрофлора в жидком навозе, благодаря высокой влажности и большому содержанию в нем аммиака и хлоридов, препятствующих размножению термофильных микроорганизмов, остается жизнеспособной очень длительное время.

Технология переработки и последующей утилизации навоза в значительной мере определяется способом его уборки из животноводческих помещений. При наиболее распространенном на крупных комплексах гидросмыве навоза происходит разбавление его водой и превращение в малоконцентрированные стоки, объем которых в 5–10 раз превышает количество исходного навоза. При этом существенно увеличиваются сроки выживания в нем возбудителей инфекционных болезней и яиц гельминтов, которые со временем накапливаются в таких количествах, что становится необходимым постоянное обеззараживание всего навоза.

Однако, химической дезинфекции, исходя из необходимости профилактики заболеваний, следует по возможности избегать. Дезинфицирующие средства должны применяться не профилактически, а целенаправленно, потому что все они относятся к биоцидам, т. е. после попадания в почву способны убивать полезные почвенные микроорганизмы.

Загрязнению грунтовых и поверхностных вод может способствовать силосный сок при попадании в воду в больших объемах. Ферма крупного рогатого скота является также потенциальным источником загрязнения атмосферного воздуха.

Наряду с проблемами утилизации жидкого навоза, сточных вод, силосного сока и отработанного (загрязненного) воздуха имеют место и проблемы утилизации трупов животных, других биологических отходов, а также нейтрализации моющих и дезинфицирующих веществ. Особое значение в промышленном животноводстве приобретает и такая проблема, как производственный шум. Повышение технической оснащенности сельского хозяйства привело к значительному усилению звукового фона на фермах. Интенсивность звукового фона в хозяйствах, в настоящее время, часто повышается до 75–95 дБ и более. Это происходит за счет использования подвесных дорог, скребков, кормораздатчиков, доильных агрегатов и т. д. Повышенный звуковой фон – сильный патогенный раздражитель, оказывающий неблагоприятное влияние на функциональное состояние и продуктивность животных.

Основными причинами ухудшения экологической безопасности животноводческих предприятий являются недостатки проектно-изыскательских, строительных, технологических и технических разработок, в результате чего зачастую не обеспечивается функционирование объектов животноводческой отрасли без ущерба для окружающей среды. Нередко комплексы находятся в пониженной (по рельефу) местности, с высоким уровнем залегания грунтовых вод, на почвах, легко проводящих стоки к водоносным слоям или водноисточникам, что при недостаточной гидроизоляции приводит к заражению воды. Кроме того, для хранения больших объемов стоков используется открытые хранилища, что создает воздушный слой, заполненный испарениями, способный при соответствующей температуре и направлении ветра перемещаться на значительные расстояния и оказывать неблагоприятное воздействие на природу и человека.

3.3 Экологические проблемы химизации сельскохозяйственного производства

Основным потребителем химических веществ в сельском хозяйстве служит растениеводство. Ежегодно в мире для повышения плодородия почвы в составе минеральных удобрений вносится около 60 млн т азота, фосфора и калия и 4–5 млн т пестицидов [5].

Рациональное использование средств химизации возможно при наличии механизированных хранилищ и машин для подготовки, погрузки, транспортировки, перегрузки и внесения их в почву. Актуальной является также система мер экономического, организационного порядка и квалифицированных специалистов по применению средств химизации. Экологический аспект использования средств химизации заключается в несоблюдении установленных регламентов выполнения работ, содержащих комплекс технологических, технических, качественных и других требований. С точки зрения экологии главными являются качественные требования, прежде всего обеспечение сроков внесения, оптимальных доз и равномерности распределения минеральных удобрений, химических мелиорантов и средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

Фактические потери минеральных удобрений по республике достигают 15 % [5], что в пересчете на физический вес составляет более 600 тыс. т в год. Причинами такого положения могут быть следующие:

- а) при хранении и применении туков. Минеральные удобрения прилипают к полу и стенам складов, к мешкотаре, просыпаются при разрыве мешков, разносятся колесами машин, погрузчиков, выдуваются ветром при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировке;
- б) недостаточная обеспеченность необходимыми хранилищами;
- в) потери при внесении за счет сноса ветром за пределы удобряемого поля.

Неравномерность внесения удобрений вызывает неравномерность почвенного плодородия и полегание посевов, что ухудшает качество урожая и затрудняет уборку. Основными причинами неравномерного внесения мине-

ральных удобрений являются: несоблюдение правил производства работ; несовершенство конструкций машин, неточное вождение агрегатов. Первая причина обусловлена недостаточным контролем со стороны специалистов и руководителей хозяйств за регулировкой и настройкой технических средств, качеством выполнения технологического процесса. Центробежные разбрасыватели имеют ряд достоинств, однако получить с их помощью качественное распределение минеральных удобрений трудно. Это зависит от различных факторов: качества удобрений (плотности, формы гранул, сыпучести, влажности и др.); скорости и направления ветра; точности установки дозы; частоты вращения дисков, угла наклона дисков; количества и формы лопаток; высоты дисков над поверхностью поля и растений; места подачи удобрений на диск (положение туконаправителя); соблюдения стыковых проходов и т. д.

Важно также качественное внесение дробных доз азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые по интенсивным технологиям. Применение разбрасывателей центробежного типа для подкормки вегетирующих культур с высоким стеблестоем, например зерновых культур в фазе кущения и колошения, не позволяет обеспечить требуемую равномерность внесения туков.

Потери удобрений при локальном внесении на 30–40 % меньше, чем при сплошном, и на столько же уменьшается попадание их в грунтовые воды и поверхностные источники [5].

Использование средств химической защиты растений является одной из главных проблем загрязнения окружающей среды. Применение их предусматривает приготовление рабочей жидкости, доставку ее к месту работы опрыскивателей, заправку их и непосредственное опрыскивание. Во время выполнения этих операций необходимо строжайшее выполнение регламента работ.

Увеличение рекомендуемых норм удобрений, неравномерное распределение их по полю, несоблюдение оптимальных сроков и способов внесения приводят к проникновению нитратов, сульфатов и хлоридов в грунтовые во-

ды и повышению их содержанию в питьевой воде. Применение в большом количестве минеральных удобрений может снизить биологическую полноценность пищи и кормов, привести к нежелательным изменениям соотношения зольных элементов и состава органических компонентов.

Особенно опасно избыточное накопление в воде и растениях азотных соединений – нитратов и нитритов. Накопление азота в водоемах вызывает интенсивное развитие водной растительности и в результате – значительное уменьшение в воде кислорода, что губительно для рыб.

В процессе роста и развития растения большая часть попадающих в него азотсодержащих соединений используется для синтеза белков и некоторых других составных элементов. Однако, некоторая часть азотных соединений накапливается в виде солей азотной кислоты – нитратов. Употребление животными и человеком питьевой воды с наличием нитратов больше допустимых норм приводит к тяжелым заболеваниям. В организме человека под влиянием кишечной микрофлоры нитраты восстанавливаются в нитриты, которые приводят к образованию в организме метгемоглобина. Особенно чувствительны к нитратам дети.

Опасность применения пестицидов обусловлена их токсичностью для человека и фауны, а в некоторых случаях и для растений, кроме того, способностью вызывать побочные эффекты и отдаленные последствия.

Следует, однако, отметить и мнимую безопасность продукции, выращенной без применения химических средств. Нередко в ней обнаруживаются токсины, выделяемые фитопатогенами, что является не меньшей опасностью для здоровья человека, как и сверхнормативные остатки химикатов в продуктах.

Необходим экологический подход к защите растений, который позволил бы от традиционной, чисто «истребительной» стратегии защиты растений, не учитывающей законы природы, перейти к защите растений по принципу управления агроэкосистемами. Защита растений от вредителей, болезней и сорняков должна быть интегрированной, основанной на понимании того, что защита растений одновременно с ее высокой эффективностью должна быть

экологически своевременной, не допускающей загрязнения биосферы пестицидами, обеспечивающей высокое качество сельскохозяйственной продукции, охрану здоровья людей, снижение материальных и энергетических затрат.

3.4 Экологические последствия загрязнения природных вод объектами агропромышленного комплекса

Согласно рекомендациям Всемирной организации здоровья (ВОЗ) вода в водоеме (водотоке) считается загрязненной, если в результате изменения ее состава или состояния она становится менее пригодной для любых видов водопользования, в то время как в природном состоянии она соответствовала бы предъявляемым требованиям. Определение касается физических, химических и биологических свойств, а также наличия в воде посторонних жидких, газообразных, твердых и растворенных веществ.

В настоящее время все источники загрязнения гидросферы принято делить на четыре группы [10]:

1 Атмосферные воды. Они приносят в гидросферу массу загрязнителей промышленного происхождения; вымывают из воздуха оксиды серы и азота, образуя кислотные дожди; при стекании по склонам увлекают с собой массу загрязняющих веществ (мусор, нефтепродукты, кислоты, фенолы и др.);

2 Промышленные сточные воды. Внутри предприятий сточные воды подразделяются на сильно загрязненные стоки, слабо загрязненные воды, условно чистые (охлаждающие воды), специфические чрезвычайно концентрированные стоки (например, маточные растворы), бытовые и хозяйственно-фекальные стоки, направляемые на биологическую очистку.

3 Сельскохозяйственные стоки. Содержат частицы почвы, биогены, входящие в состав удобрений, пестициды, помет сельскохозяйственных животных и ассоциированные с ним бактерии, остатки нефтепродуктов и др.

4 Городские сточные воды. Включают преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, моющие средства (детергенты), микроорганизмы, в том числе патогенные.

Все эти загрязнения, так или иначе, являются результатом деятельности человека, всей человеческой популяции (таблица 3.2). Каждый организм, каждая популяция производит отходы. Однако в естественных экосистемах отходы одних организмов становятся пищей или «сырьем» для других и не накапливаются до уровня, вызывающего неблагоприятные изменения в среде.

Таблица 3.2 – Фракционный состав взвешенных веществ и нефтепродуктов в сточных водах, образующихся после мойки машин

Взвешенные вещества				Нефтепродукты	
Мойка тракторов		Мойка грузовых автомобилей		Мойка грузовых автомобилей	
диаметр частиц, мкм	содержание, %	диаметр частиц, мкм	содержание, %	диаметр частиц, мкм	содержание, %
более 800	8,5–10,5	более 300	16	более 140	85,4
500–800	9,6–13,3	100–300	78	100–140	9,8
250–500	33,5	100	6	60–100	4,0
200–250	11,7	–	–	20–60	0,4
100–200	18,9–22,2	–	–	5–20	0,4
менее 100	7,4–19,3	–	–	–	–

По химическому характеру примеси сточных вод разделяются на газовые, минеральные и органические.

В таблице 3.3 представлена классификация сточных вод по их действию на водоемы.

Ингредиенты сточных вод после мойки машинно-тракторных агрегатов и других передвижных источников разнообразны и зависят от характера загрязнений на поверхностях машин: почвенно-растительными остатками, нефтепродуктами, ядохимикатами, органическими и минеральными удобрениями. Наиболее распространенным ингредиентом сточных вод, образующихся после мойки техники, являются взвешенные минеральные вещества и нефтепродукты. Способы и эффективность их удаления определяются фракционным составом частиц.

Таблица 3.3 – Классификация сточных вод по их воздействию на водоемы

Группа	Характер примесей	Характер действия примесей на водоемы и водные организмы	Источник сточных вод
1	Неорганические со специфическими токсическими свойствами	Изменение органолептических и физико-химических свойств воды, отравление водных организмов, жаберные заболевания рыб и т. д.	Производства химической промышленности, электрохимические производства, тепловые электрические станции и др.
2	Неорганические без специфических токсических свойств	Содержат взвешенные вещества	Производство керамической, силикатной промышленности, углеобогащительные фабрики, тепловые электрические станции и др.
3	Органические со специфическими свойствами	Отравляют водные организмы, ухудшают качество воды, создают дефицит кислорода	Химические и нефтехимические производства, тепловые электрические станции и др.
4	Органические без специфических токсических свойств	Создают дефицит кислорода	Пищевая промышленность, тепловые электрические станции и др.

Например, наличие в сточной воде значительного количества частиц диаметром более 100 мкм указывает на целесообразность использования метода отстаивания. Высокая концентрация полидисперсных взвешенных частиц нефтепродуктов способствует образованию эмульгированных нефтепродуктов, способных создавать в воде устойчивые эмульсии, практически неотделимых при безреагентном отстаивании. Фактором, обуславливающим процесс разделения эмульсий, является наличие эмульгаторов, которые можно разделить на поверхностно-активные, растворимые, нерастворимые (твердые эмульгаторы).

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) содержатся в нефтепродуктах и синтетических моющих средствах, применяемых для мойки машин (щелочные соли, полифосфаты). Они уменьшают поверхностное натяжение на границе раздела фаз и образуют сольватную прослойку, препятствующую сближению капель нефтепродуктов.

К эмульгаторам второй группы относятся высокодисперсные частицы глины, ила и др., которые прилипают к поверхности нефтепродуктов, препятствуя их слиянию, укрупнению и всплыванию.

Твердые минеральные удобрения, являющиеся источником загрязнения сточных вод, из-за повышенной плотности и размеров частиц, способны быстро осаждаться, а относительно небольшая их растворимость в воде обеспечивает равномерное насыщение всего объема воды электролитами. Следует также отметить, что минеральные удобрения, будучи солями различных кислот, являются коррозионно-активными компонентами сточных вод.

К числу токсичных и инфицированных ингредиентов сточных вод относятся и остатки навоза. Их присутствие вызывает сильную загрязненность воды органическими веществами, патогенными бактериями, вирусами, яйцами гельминтов и аскарид. Конечные продукты окисления – метан, органические кислоты, сероводород, аммиак и другие соединения, которые являются источниками загрязнений не только водной, но и воздушной сред. Обеззараживание и очистка таких стоков затруднена из-за того, что возбудители заболеваний, яйца гельминтов и аскарид окружены защитной оболочкой и вследствие этого медленно погибают.

К токсичным ингредиентам сточных вод относятся ядохимикаты. Различают хлорорганические, фосфорорганические и ртутно-органические ядохимикаты.

Хлорорганические соединения, попадая в отстойник, сорбируются взвешенными веществами и осаждаются вместе с ними на дно.

Фосфорорганические соединения быстро разлагаются в сточной воде, поэтому методы сорбции неприемлемы. В сточных водах после мойки зерновых сеялок содержатся в виде коллоидных растворов ртутно-органические соединения (РОС). При отсутствии эффективных очистных сооружений рассмотренные ингредиенты сточных вод становятся опасным источником загрязнения окружающей среды.

Сточные воды подразделяются на четыре категории:

- загрязненные почвенно-растительными остатками;
- загрязненные нефтепродуктами;
- контактируемые с минеральными удобрениями;
- контактируемые с ядохимикатами.

В санитарном отношении сточные воды, относящиеся к первой и второй категориям, не содержат патогенных бактерий и вирусов, что позволяет использовать их в оборотных системах водоснабжения.

Сточные воды, относящиеся к третьей категории, могут использоваться в оборотной системе при условии ограниченного коррозионного влияния удобрений на оборотную среду.

Объем сточных вод четвертой категории не превышает 10 % суточного расхода. Они отводятся и очищаются отдельно от воды, предназначенной для оборотного водоснабжения.

Сточные воды, образующиеся после мойки оборудования животноводческих комплексов, загрязнены органическими веществами и бактериями. В целях снижения загрязнения окружающей среды, уменьшения потребления воды необходимо использовать технологии обеззараживания стоков и использование осветленной части их на технологические нужды. При этом важнейшая задача, чтобы сточные воды не попадали в водоемы, представляющие собой сложные экосистемы, формировавшиеся в течение длительного времени эволюции. В них постоянно идет процесс адаптации биоценоза к изменяющимся условиям существования, в том числе и к изменению состава примесей. Состояние равновесия может быть нарушено в результате многих причин, но особенно в результате сброса сточных вод. Отклонение экосистемы от равновесного состояния, вызванное сбросом сточных вод, может привести к отравлению и гибели определенных популяций гидробионтов, угнетению всего биоценоза. Отклонение от равновесия отрицательно сказывается на процессах самоочищения, приводящих водоем в оптимальное (равновесное) для него состояние. Важнейшие из них: осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей; окисление (минерализация) органических

примесей; окисление минеральных примесей кислородом; нейтрализация кислот и оснований; гидролиз ионов тяжелых металлов, приводящий к образованию их малорастворимых гидроокисей и выделению их из воды [10]. Санитарные и гигиенические требования к количественному составу сточных вод с почв наружной очистки сельскохозяйственной техники приведены в таблицах 3.4–3.5.

Процессы самоочищения зависят и от температуры воды, состава примесей, концентрации кислорода, ее рН, концентрации вредных примесей, препятствующих или затрудняющих протекание процессов самоочищения водоемов. Особенно значим в процессах самоочищения – кислородный режим водоемов. Расход кислорода на минерализацию органических веществ определяется через биохимическое потребление кислорода (БПК), которое выражается количеством O_2 , использованного в биохимических (при помощи бактерий) процессах окисления органических веществ за определенное время инкубации пробы (мг O_2 /сутки). Пользуются или пятисуточной (БПК₅) или полной (БПК_п) биохимической потребностью кислорода. При большом сбросе органических веществ наступает дефицит кислорода, дестабилизируется биоценоз, развивается анаэробная (бескислородная) минерализация органических веществ, что вызывает значительное ухудшение качества воды.

Заметим, что нарушение и даже разрушение биоценоза в водоеме возможно при значительном сбросе в него органических веществ, совершенно не относящихся к вредным веществам. Столь же тяжелые экологические последствия наступают в водоеме при сбросе в него других веществ, не относящихся к вредным или ядовитым (биогенов), то есть веществ, необходимых для существования живых организмов: соединения (соли) фосфата, азота, калия, кальция, серы, магния [10]. Биогены во все увеличивающихся объемах поступают в гидросферу из всех вышеназванных источников, но особенно из стоков сельскохозяйственного производства.

Таблица 3.4 – Санитарные требования к качественному составу сточных вод с постов наружной мойки сельскохозяйственных машин

Показатели качества воды	Санитарные требования		
	к воде водоемов	к сточным водам, сбрасываемым в канализацию	к сточным водам, используемым для оборотного водоснабжения
Взвешенные вещества, мг/л	(4–10)	500	70
Нефтепродукты, г/л	0,05; 0,1; 0,3 (в зависимости от назначения водоема)	25	20
Тетраэтилсвинец, мг/л	отсутствие	–	0,0001
Ядохимикаты, мг/л	0,002; 0,5	–	отсутствие
Поверхностно-активные вещества, мг/л	анионактивные 0,05; 0,5 неионогенные 0,05; 0,11	20 20	не нормируется не нормируется
Реакция воды, рН	6,5–8,5	6,5–8,5	7,1–8,5

Таблица 3.5 – Гигиенические требования качества очистки сточных вод (критерий для закрытых систем технического водоснабжения)

Показатели	Допустимые уровни
Взвешенные вещества, мг/л	3,0
БПК ₅ , мг/л O ₂ /л	5,0
ХПК, мг/л O ₂ /л	50,0
Коли-индекс	1000

Попадая в водоемы и водостоки, биогены вызывают бурный рост фитопланктона – множества видов водорослей, представляющих собой отдельные клетки. Вместе с частицами почвы, выносимыми в водоемы из-за эрозии почв, фитопланктон препятствует прохождению солнечного света в толщу воды, вследствие чего нарушаются процессы фотосинтеза водных растений, погруженных в воду. В результате резко уменьшается поступление кислорода, производимого растениями при фотосинтезе: рыбы и другие обитатели водоемов задыхаются и гибнут. Эти процессы получили название эвтрофикации. Свою лепту в эвтрофикацию вносят и взвешенные частицы, попадающие в водоем в результате эрозии почв. Вещество этих частиц не отнесено к разряду химически вредных. Но они уменьшают прохождение света в толщу воды, засоряют жабры и пищеводывающие органы, обволакивают их-

ринки рыб и других водных организмов [10]. Какие из перечисленных источников загрязнения гидросферы наиболее важны в этом отношении, очевидно, определяется соотношением населенных пунктов и сельскохозяйственных предприятий.

Сельскохозяйственные стоки вызывают не только эвтрофикацию и обеднение воды кислородом, но и создают угрозу инфекционных заболеваний. Люди и животные, зараженные болезнетворными бактериями, вирусами и другими паразитами, могут выделять в стоки большое количество таких патогенов или их яиц. Именно по этой причине случались опустошительные эпидемии холеры, брюшного тифа. Для предотвращения распространения патогенов, прежде всего, необходима дезинфекция запасов воды для населения хлорированием или другими методами.

Особую опасность для гидросферы несут ядохимикаты, загрязняющие как грунтовые воды, так и водоемы. Наиболее распространены ядохимикаты на основе соединений тяжелых металлов (свинца, олова, мышьяка, кадмия, ртути, хрома, меди, цинка) и синтетических органических соединений. Ионы тяжелых металлов, попадая в организм, подавляют активность ряда ферментов, что приводит к крайне тяжелым физиологическим и неврологическим последствиям. Например: умственная отсталость при свинцовом отравлении, психические аномалии и врожденные уродства при ртутных отравлениях. Ядохимикаты особенно опасны в связи с их способностью накапливаться в организмах (биоаккумуляция) и с возможностью биоконцентрирования. В последнем случае животные последующих трофических уровней, питаясь организмами, накопившими ядохимикаты, получают исходно более высокие концентрации [10].

3.5 Отходы производства и потребления

3.5.1 Термины и определения

Образующиеся отходы являются сложным физико-химическим объектом, обладающим разнообразными качествами, свойствами, природой и физико-химическим состоянием, обусловленными технологиями их образования, составом входящих в них веществ и другими факторами [11].

Отходы производства – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства, а также сопутствующие вещества, образующиеся в процессе производства и не находящие применения в этом производстве.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские качества вследствие физического либо морального износа. К отходам потребления принадлежат и твердые бытовые отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности населения.

Опасные отходы – отходы, которые в результате их реакционной способности или токсичности создают непосредственную или потенциальную опасность для здоровья человека или состояния окружающей среды самостоятельно, либо при вступлении в контакт с другими веществами (отходами) и окружающей средой.

Конечные отходы – отходы, не подлежащие дальнейшей переработке и вторичному использованию. К конечным отходам относят продукты их сжигания, не утилизируемые продукты физико-химической обработки, а также не подлежащие переработке токсичные и радиоактивные вещества. *Подлежащие захоронению отходы*, оказывающие негативное влияние на окружающую среду, подлежат экологически безопасному размещению.

Обращение с отходами – все виды деятельности, связанные со сбором, сортировкой, использованием, обезвреживанием, размещением, транспортировкой отходов.

Обезвреживание отходов достигается обработкой (в том числе сжиганием) на специализированных установках, приводящей к уменьшению их опасного воздействия на окружающую среду и человека.

Размещение отходов – любая операция по захоронению, хранению (складированию) отходов. *Захоронение отходов* направлено на снижение уровня миграции вредных веществ в окружающую среду.

Объектами размещения отходов могут быть полигоны, санкционированные свалки и другие, специально оборудованные места для их хранения и захоронения.

В качестве *санкционированного места размещения отходов* используются территории, обеспечивающие защиту от загрязнения поверхностных и грунтовых вод, почвы, атмосферы, препятствующие распространению болезнетворных микроорганизмов. На эксплуатацию таких площадей должно быть получено разрешение территориального органа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и органа государственного санитарного надзора.

Лимит размещения отхода – предельное его количество, размещаемое в санкционированном месте, не нарушающем экологического равновесия природной среды.

Под *экологическими нормативами* подразумеваются количественные показатели, регулирующие степень антропогенного воздействия на природные комплексы.

3.5.2 Классификация отходов

По способу образования выделяют следующие виды отходов [11]:

- твердые бытовые отходы (ТБО). Это отходы повседневной жизнедеятельности населения, предметы домашнего обихода, текущего ремонта жилищ и пр.;
- твердые промышленные отходы (ТПО) (отходы добывающей и перерабатывающих отраслей промышленности). Характер образующихся ТПО опреде-

ляется типом производства, используемого сырья и вспомогательных материалов. По этим признакам ТПО условно делятся на:

- отходы, связанные с добычей и первичной (или вторичной) обработкой неорганических материалов;
- отходы переработки органического сырья;
- отходы химических производств, машиностроения, гальванических производств, эмульсии, растворители, лаки, краски, средств химизации сельского хозяйства (ядохимикаты, пестициды) и др.

Токсичные промышленные отходы (ТоПО) – отдельная категория промышленных отходов. Образуется в процессе различных технологических циклов и обладает выраженным токсичным эффектом. ТоПО делятся на четыре класса:

- 1) чрезвычайно опасные;
- 2) высокоопасные;
- 3) умеренно опасные;
- 4) малоопасные.

Класс опасности, способ хранения и захоронения ТоПО устанавливается в соответствии с временным классификатором токсичных отходов.

К радиоактивным отходам (РАО) относятся радиоактивные вещества, открытые и закрытые источники ионизирующих излучений, используемые в приборах, аппаратах и установках в различных отраслях народного хозяйства, научно-исследовательских институтах и медицинских учреждениях. Радионуклидные источники – это специфические неремонтируемые изделия, имеющие ограниченный ресурс эксплуатации.

Особый класс РАО – техногенные чернобыльские РАО. Образованы в результате аварии на Чернобыльской АЭС и связаны с разрушением активной зоны реактора и выпадением радиоактивных веществ. РАО чернобыльского происхождения – это, загрязненные радионуклидами твердые вещества и изделия различной плотности и консистенции, относящиеся преимущественно к низко- и условно радиоактивным.

Под токсичностью отходов понимается ядовитость, способность некоторых химических элементов, соединений и биогенных веществ оказывать вредное действие на организмы человека, животных, растения, грибы, микроорганизмы. Токсичность отходов определить значительно сложнее, чем воздуха или воды, поскольку отходы действуют на организмы, как правило, опосредствовано – через почву. Основным параметром, определяющим вредность того или иного химического вещества в почве – предельно допустимая концентрация его в почве (ПДК_П). *Это такое максимальное количество данного вещества в миллиграммах на килограмм пахотного слоя сухой почвы, которое гарантирует отсутствие прямого или опосредствованного отрицательного воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.*

При обосновании ПДК_П учитываются шесть лимитирующих показателей (признаков) вредности: органолептический (изменение запаха, привкуса, пищевой ценности); общесанитарный (влияние на самоочищение почвы); фито-аккумуляционный (передающееся растениям количество); водно- и воздушно миграционный; санитарно-токсикологический.

Вредность отходов оценивается и по концентрации в них наиболее вредных веществ, растворимости их в воде. Чем больше относительная доля (C_i) вредного вещества в отходах и выше его растворимость (S_i), тем опаснее при данном ПДК_П эти отходы. Для интегральной оценки опасности отходов необходимо знать индексы токсичности (K_{T_i}) составляющих их веществ:

$$\hat{E}_{\hat{O}_i} = \frac{\hat{K}_{T_i}}{C_i + S_i}, \quad (3.1)$$

Чем меньше K_{T_i} тем опаснее вещество. Из всех веществ, содержащихся в отходах, выбирают три наиболее токсичных и по ним подсчитывают индекс K_a , как среднеарифметическое индивидуальных индексов. Его величина определяет класс токсичности и степень опасности отходов (таблица 3.6)

Таблица 3.6 – Степень опасности отходов [12]

КΣ, мг/кг	Класс токсичности	Степень опасности
Менее 2	I	чрезвычайно опасные
2,1– 16	II	высокоопасные
16,1–30	III	умеренно опасные
Более 30,1	IV	малоопасные

Если же для данного вредного вещества не установлена величина ПДКп, а используется ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) или другие приближенные оценочные критерии, то расчеты ведут по величине летальной дозы (ЛД).

Кроме токсичных в общей массе содержатся и нетоксичные отходы, для которых ПДКп не устанавливается.

3.5.3 Загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления

Выбор варианта удаления твердых бытовых отходов (ТБО) должен опираться на экологические, экономические и социальные факторы для конкретных условий (таблица 3.7).

Удаление отходов (твердых и жидких) производится, в основном, в накопители жидких отходов и стоков, на полигоны твердых отходов, поля фильтрации. Эти приемники отходов, в особенности накопители стоков, представляют наибольшую опасность для природной среды, они же являются основными источниками загрязнения подземных вод. Чрезвычайно разнообразные по составу отходы, находясь в контакте с атмосферой, претерпевают сложные химические и биохимические изменения, в результате которых образуются и выделяются многочисленные высокотоксичные соединения в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Таблица 3.7 – Способы утилизации ТБО [12]

Показатель	Виды утилизации			
	Полигоны	МСЗ	Компостирование	МПЗ с пиролизом)
Санитарно-экологические аспекты: -загрязнение почвы; -загрязнение воды; -загрязнение атмосферы (в т. ч. диоксинами); -количество не утилит. по массе отходов;	Только полигона	Шлак на полигоне	Нет	Балласт на полигоне
	Нет	Нет (бункер герметичен)	Нет	Нет
	Нет	Есть, требуется $T_{гор}$ и очистка	Нет	Требуется очистка выбр. реактора Балласт до 20 %
	Нет	Шлак – до 40–60 %	Нет	
Экологические аспекты: -использование тепла; -получение металлов; -переработка отходов; -получение электроэнергии;	Затруднено (от биогаза)	Да	Нет	Возможно (от пиролиза)
	Нет	Да	Нет	Да
	Нет	Сомнительно	Продажа компоста	Да
	Нет	Возможно	Нет	Нет
Экономические аспекты: -сравнение капитальных затрат; - эксплуатационные расходы по отношению к МПЗ (пиролиз, частичная продажа продуктов на переработку и использование); -особые требования; -отечественное оборудование	На порядок меньше МСЗ (без учета стоимости земли)	Соизмеримы с МПЗ	Больше полигона, но не меньше МПЗ	Соизмеримы с МСЗ
	25 %	500 %	40 %	100 %
	Большая величина нарушенных земель, меньше при брикетир.	Ужесточение требований к снижению, выделению, даже без вредных газов	Ужесточение требований к компосту	Проблемы реализации продуктов переработки
	Есть	Недостаточно отработанное	Есть	Есть

Вокруг санкционированных действующих, старых и заброшенных свалок формируются аномальные (по химическим, температурным и газовым показателям) зоны, негативно воздействующие на состав воздуха, почвы, растительность, подземные воды.

По воздействию на подземные воды накопители сточных вод и полигоны твердых отходов существенно различаются. Накопители сточных вод вследствие больших утечек загрязнителей и проникновения их в водоносные горизонты образуют большие области загрязнения с высоким содержанием вредных веществ. Экологическими дестабилизациями в этих случаях затрагиваются не только водоносные горизонты, но и вся прилегающая к объектам территория.

На полигонах твердых отходов за счет растворения и выщелачивания веществ под влиянием дождевых и талых вод из твердых материалов образуется фильтрат. Значительная часть фильтрующихся стоков расходуется обычно на насыщение зоны аэрации, меньшая может достигать уровня грунтовых вод.

Возможное количество фильтрата рассчитывается с учетом климатических условий, количества выпадающих осадков, испаряемости и средней влажности ТБО [11].

На полигонах твердых отходов помимо гидрогеохимических формируются тепловые и газовые аномалии. Характерным является образование биогаза (метан, азот, углекислый газ), сопровождающееся выделением тепла. Температура в теле полигона может достигать 70–80 °С и выше, что способствует самовозгоранию и интенсификации газовых выделений. Тепловая аномалия влияет на подстилающие породы зоны аэрации и горизонт грунтовых вод. Повышение температуры подземных вод способствует развитию в них микрофлоры и микрофауны, изменению газового режима и уменьшению содержания растворенного кислорода в фильтрате свалки и подземных водах.

В составе свободно выделяющихся газов содержится до 55 % метана, 30–45 % азота и некоторое количество других газов. Теплота сгорания биога-

за обычно варьирует в пределах 3500–6600 ккал/м³. Процесс анаэробного сбраживания органической части ТБО длится около 100 лет, за этот период продуцируется 200–400 м³ биогаза с каждой тонны ТБО, в т. ч. за первые 10 лет более 50 % [11].

Важной составной частью гидрогеологического обоснования размещения токсичных отходов является создание комплексной системы мониторинга для контроля за состоянием подземных вод и природной среды в зоне влияния накопителя отходов. Такой мониторинг должен осуществляться и после прекращения функционирования полигона отходов, поскольку они в течение длительного времени представляют опасность для подземных вод и других природных сред.

3.6 Радиационно-экологическая обстановка

3.6.1 Динамика накопления радиоактивных веществ (РВ) в объектах природной среды после аварии на ЧАЭС

Радиационно-экологическая обстановка в Республике Беларусь после аварии на Чернобыльской АЭС определялась действием множества факторов: высотой инжекции радионуклидов в атмосферу, физико-химическими свойствами выбросов, интенсивностью включения радионуклидов в процессы миграции и др. Решающую роль в формировании уровней и масштабов загрязнения объектов природной среды радионуклидами играют миграционные процессы, среди которых выделяют вертикальную и горизонтальную миграцию радиоактивных веществ.

Среди множества процессов, определяющих интенсивность и направление миграции радионуклидов, можно выделить наиболее важные:

- распространение в атмосфере Земли при перемещении воздушных масс;
- осаждение в результате гравитации, диффузии, вымывания и других процессов на поверхность почвы, водоемов, растительный покров;
- перемещение по земной поверхности с грунтовыми водами, под действием ветра, в результате хозяйственной деятельности человека;

- биогенная миграция при включении в биологические и пищевые цепи.

Радиоактивные вещества, осаждающиеся на поверхность объектов природной среды, называются радиоактивными выпадениями. Продолжительность выпадения и дальность их распространения определяется высотой инъекции, кинетической энергией частиц и географическими координатами места выброса. В зависимости от влияния этих факторов выделяют локальные и глобальные выпадения. Локальные выпадения наблюдаются в районе до нескольких сотен километров в направлении преобладающих ветров от источника радиоактивных выбросов. Радиоактивные вещества локальных выпадений распространяются в нижних слоях атмосферы и представлены в основном крупными частицами размером от нескольких миллиметров до 5 мкм. Глобальные выпадения можно разделить на тропосферные (высота радиоактивного облака 4–10 км) и стратосферные (высота более 12 км).

При аварии на ЧАЭС на протяжении 15 суток струя продуктов горения поднимала радиоактивные вещества до высоты 15 км. Поэтому в загрязнение объектов природной среды Беларуси внесли свой вклад как локальное, так и глобальное выпадение радионуклидов. Также различают «мокрое» и «сухое» выпадение радионуклидов [13]. Первый процесс заключается в осаждении радионуклидов с атмосферными осадками на поверхность земли. «Сухое» выпадение представляет собой отложение аэрозольных частиц в результате воздействия гравитационных сил, вертикального движения воздушных масс и турбулентности диффузий. Количественное соотношение между «мокрым» и «сухим» отложением радиоактивных веществ зависит от климатических условий. В умеренных широтах в среднем за год с осадками выпадает примерно в девять раз больше радионуклидов, чем без осадков.

Горизонтальная миграция радионуклидов в геохимических ландшафтах обусловлена преимущественно действием двух процессов: ветровой эрозии и стоком поверхностных вод. Ветровой перенос поднятых с поверхности радиоактивных веществ может привести к загрязнению более чистой территории, примыкающей к загрязненному участку.

Попавшие на поверхность почвы радиоактивные вещества вовлекаются в процессы вертикальной миграции. Миграция вглубь почвы с течением времени приводит: к снижению мощности дозы излучения над поверхностью почвы; уменьшению интенсивности вымывания и задувания радионуклидов; изменению величины поступления радионуклидов в растения в результате перераспределения их относительно корневых систем; к загрязнению грунтовых вод. Интенсивность вертикальной миграции определяется механическими и физико-химическими свойствами почвы, а также химической природой радионуклидов. Передвижение радиоактивных веществ по профилю почвы может явиться следствием механического переноса при обработке почвы, а также следствием диффузионных процессов.

За прошедшие после аварии на ЧАЭС годы процессы вертикальной миграции радионуклидов незначительно изменили радиационную обстановку. Для ведения сельского хозяйства необходимо проведение мероприятий, способствующих снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

3.6.2 Радиоактивное загрязнение сельхозугодий, лесных и водных ресурсов

Наибольший ущерб от катастрофы на ЧАЭС понесло сельское хозяйство. В Республике Беларусь радиоактивному загрязнению подверглось более 1,87 млн. га сельхозугодий. В большинстве радиологических ситуаций растения подвергаются внутреннему и внешнему облучению одновременно. При загрязнении объектов природной среды радионуклидами на начальном этапе радиоактивные вещества находятся на поверхности почвы и в контакте с массой растений. Особенностью внешнего некорневого пути загрязнения растений является то, что при осаждении радиоактивных аэрозолей происходит накопление всей совокупности радионуклидов в наземной части растений, тогда как при попадании радионуклидов в почву значительная часть их прочно сорбируется и лишь часть поступает в растения.

Выпадение радионуклидов после аварии на ЧАЭС происходило весной, что обусловило интенсивное внекорневое загрязнение надземной части ряда сельскохозяйственных культур, естественных и многолетних сеяных трав. Для остальных видов растений основным источником загрязнения явилось поступление радиоактивных веществ из почвы и вторичное загрязнение за счет их ветрового переноса.

Для количественной оценки значимости некорневого пути поступления радионуклидов в урожай принята величина коэффициента α первичного удержания, которое определяется следующим соотношением:

$$\alpha = \delta_r / \delta_a, \quad (3.2)$$

где α – коэффициент первичного удержания;

δ_r – плотность радиоактивного загрязнения наземной массы растений, Бк/м²;

δ_a – плотность выпадений, Бк/м².

Коэффициент первичного удерживания может измениться от нескольких процентов до 95 % и зависит от множества факторов: плотности растительного покрова, морфологии растений, метеорологических условия в момент выпадения радионуклидов и др. Со временем содержание радионуклидов в растительной массе снижается за счет распада изотопов, удаления радионуклидов с поверхности под воздействием дождя и ветра, прироста биомассы.

Различные виды растений по-разному удерживают радиоактивные осадки, что обуславливает большие различия в загрязнении урожая в целом. Кроме того, разные части и органы одного и того же растения по-разному реагируют на радионуклиды. Наиболее высоким содержанием радионуклидов отличаются вегетативные органы растений. Хозяйственно ценные части урожая многих растений достаточно надежно защищены от радиоактивных выпадений (зерно зерновых, бобовых культур; початки кукурузы; клубни картофеля, подземная часть корнеплодов). Загрязнение товарной продукции этих культур может происходить в последующие периоды в результате контакта с загрязненной соломой, ботвой, почвой при уборке урожая. Из ценных частей

урожая максимальная концентрация радионуклидов наблюдается в зерне гречихи, наименьшая – в зерне гороха. Выпадение радиоактивных аэрозолей очень опасно для овощных культур (томаты, огурцы, капуста, листовые овощи), у которых товарная часть продукции не защищена.

Критическим продуктом растениеводства оказались естественные травы. При выпадении радиоактивных аэрозолей на луговую и пастбищную растительность значительная часть радионуклидов (65–90 %) накапливается в дернинном слое, который в дальнейшем служит источником поступления радионуклидов в растение через основания стебля и поверхностные корни. Низкая продуктивность пастбищ, высокая концентрация цезия-137 в дернине обуславливает значительное поступление радионуклидов в организм коров при выпасе.

Со временем радиоактивные выпадения концентрируются в почве. Уже на второй год после аварии основным путем поступления радионуклидов в пищевые цепи являлось почвенное поступление. Количественно переход радионуклидов из почвы в растения характеризуется коэффициентом накопления (K_n), который определяется соотношением:

$$\hat{E}_i = \tilde{N}_\delta / \tilde{N}_i \quad , \quad (3.3)$$

где C_p – концентрация радионуклида в растении, Бк/кг;

C_n – концентрация радионуклида в почве, Бк/кг.

Поступление радионуклидов из почвы в растения зависит от ряда факторов. Это агрохимические показатели почвы, гранулометрический и минералогический ее состав, свойства радионуклидов, агротехнические и агрохимические способы обработки почвы. Накопление радионуклидов в урожае путем поступления их из почвы зависит и от видов и сортовых особенностей растений. В товарной части урожая в расчете на сухую массу больше всего содержат радионуклидов корнеплоды (свекла, морковь), несколько меньше – бобовые культуры (горох, вика), затем картофель и меньше всего зерновые злаковые культуры. Причем озимые зерновые накапливают в 2–2,5 раза меньше радионуклидов, чем яровые. По степени накопления радионуклидов

овощные культуры можно расположить в следующий убывавший ряд: щавель, горох, боб, редис, свекла, морковь, картофель, салат, чеснок, лук, томаты, огурцы, капуста.

Меньше всего загрязняется кормовая свекла, так как это пропашная культура, которая высевается рядками. Кроме того, свекла имеет стержневую корневую систему, которая проникает в нижние чистые слои. Большое значение имеет высокая урожайность свеклы, что приводит к снижению концентрации радионуклидов. Картофель – культура со слабо развитой корневой системой, которая составляет около 8 % от вегетативной массы. Именно поэтому под картофель вносят много органических удобрений, что способствует снижению поступления радионуклидов в растение. Основная часть цезия-137 концентрируется в вегетативной массе картофеля, поэтому товарная часть растения загрязнена незначительно. Из овощных культур наиболее загрязненными радионуклидами являются культуры с малым вегетационным периодом

В данное время продукция садов, как правило, чистая, так как основная масса корней деревьев находится ниже загрязненного слоя, хотя в первые годы после аварии на ЧАЭС имело место загрязнение садов.

В результате катастрофы на ЧАЭС радиоактивному загрязнению подверглось около 1/4 площади лесов Республики Беларусь, что составляет около 1,7 млн. га, из которых 180 тыс. га расположено в зоне с плотностью загрязнения от 155 до 1480 кБк/м².

При осаждении радиоактивных аэрозолей подстилающая поверхность выступает в роли аккумулятора радионуклидов. По способности задерживать радиоактивные выпадения элементы подстилающей поверхности образуют убывающий ряд: хвойные, лиственные леса; луга и посевы; пашня. Наиболее чувствительны к действию ионизирующих излучений леса: они прочно удерживают радионуклиды, препятствуют развитию процесса ветрового и водного переноса радиоактивных веществ. Древесная растительность харак-

теризуется более высокой способностью удерживать радионуклиды по сравнению с травянистой и выполняет роль фильтра радиоактивных выпадений.

После выпадения радионуклидов на лесную растительность начинается их вертикальная и горизонтальная миграция под действием ветра и атмосферных осадков. В результате основная часть радионуклидов сосредотачивается в лесной подстилке и почве, становясь доступной для усвоения корневыми системами. Это главным образом относится к долгоживущим радионуклидам цезию-137 и стронцию-90, так как при относительно длительном процессе миграции в подстилку и почву, который для стронция-90 составляет 45 лет в березовом и 8–9 лет в сосновом лесу, происходит распад короткоживущих и среднеживущих радионуклидов.

Благоприятным фактором для лесоиспользования является то, что из суммарного количества радионуклидов, выпавших в лесах, в древостое сосредоточено 3–4 %, в подстилке 50–85 %, остальное – в минеральном слое почвы.

Исследования водных систем Беларуси показали, что содержание цезия-137 и стронция-90 во всех поверхностных и подземных водах существенно превышает дочернобыльский уровень. По степени убывания концентрации радионуклидов компоненты водных экосистем можно представить в следующем виде: донные отложения, водная растительность, рыба, вода. Поскольку в водных экосистемах, особенно в непроточных водоемах, основная часть радиоактивных веществ сосредоточена в донных отложениях, сохраняется угроза вторичного загрязнения водной массы при взмучивании или других нарушениях донных отложений. Все это осложняет экологическую ситуацию, ведет к увеличению дозовых нагрузок на население, делает затруднительным полноценное хозяйственное использование водных ресурсов.

3.6.3 Основные радиометрические и дозиметрические величины и единицы их измерения

Единицы измерения основных радиометрических и дозиметрических величин можно разделить на две группы:

- единицы, которые отражает количественное содержание радионуклидов;
- единицы, отражающие качественное влияние данного количества.

В качестве количественной меры радиоактивности принята активность и ее производные.

За единицу активности в системе СИ принимается активность в радиоактивном источнике, в котором за одну секунду происходит один спонтанный переход из определенного ядерно-физического состояния или один акт распада. Эту единицу называют беккерель

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с} \quad (3.4)$$

Внесистемной единицей активности является кюри. Кюри – это активность такого радиоактивного источника, в котором за одну секунду происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ актов распада

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} \quad (3.5)$$

$$1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки} \quad (3.6)$$

Для удобства определения содержания радиоактивного вещества применяются отношения активности радионуклида в источнике к массе, объему (для объемных источников), площади поверхности (для поверхностных источников) или к длине (для линейных источников), которые называется удельной, объемной, поверхностной или линейной активностью соответственно.

Удельной активностью называется концентрация активности, выраженная в единицах активности к единице массы:

$$\dot{A}_{\text{уд}} = \frac{\dot{A}}{m}, \frac{(\dot{A})}{(m)}. \quad (3.7)$$

Объемной активностью называется концентрация активности, выраженная в единицах активности к единице объема:

$$\dot{A}_{\text{об}} = \frac{\dot{A}}{V}, \frac{(\dot{A})}{(V)}. \quad (3.8)$$

Плотность поверхностного загрязнения – концентрация активности, выраженная в единицах активности на единицу площади загрязненной поверхности:

$$\dot{A} = \frac{\hat{A} \hat{E}}{\hat{i}^2}, \frac{(\hat{E})}{(\hat{i}^2)}. \quad (3.9)$$

Линейной активностью называется концентрация активности, выраженная в единицах активности к единице длины:

$$\dot{A}_{\text{ëëí}} = \frac{\hat{A} \hat{E}}{\hat{i}}, \frac{(\hat{E})}{(\hat{i})}. \quad (3.10)$$

Выбор рассмотренных величин определяется конкретной практической задачей. Например, допустимую концентрацию радионуклида (объемную активность) в воде удобнее выражать в беккерелях на литр (Бк/л), а в воздухе – в беккерелях на кубический метр (Бк/м³), так как суточное потребление человеком воды определяется обычно в литрах, а расход воздуха – в кубических метрах.

Результат воздействия ионизирующего излучения на объекты – это физико-химические или биологические изменения в этих объектах. Например: нагрев тела, реакция рентгеновской пленки, изменение биологических показателей организма и т. д. Наблюдаемый радиационный эффект зависит от физических величин, характеризующих поле излучения или взаимодействие излучения с веществом.

Степень, глубина и форма изменения в биологических объектах при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь, зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя, используется понятие поглощенной дозы.

Поглощенная доза – это энергия радиоактивных излучений, поглощенная единицей массы облучаемого вещества. За единицу поглощенной дозы в системе СИ принят грей (Гр).

Грей (Гр) равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой один килограмм (1 кг) передается энергия ионизирующего излучения любого вида в один джоуль (1 Дж):

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} \quad (3.11)$$

В радиобиологии и радиационной гигиене широкое применение получила внесистемная единица поглощенной дозы – рад:

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} \quad (3.12)$$

Значения поглощенной дозы зависят от свойств излучения, свойств поглощающей среды и не определяют в полной мере реакцию облучаемого объекта на воздействие излучения. Очень важно учесть фактор времени, так как при получении биологическим объектом определенной дозы эффект будет различным в зависимости от времени облучения. В связи с этим введено понятие мощности поглощенной дозы, которая характеризует скорость накопления дозы.

Мощность поглощенной дозы – это приращение дозы в единицу времени. За единицу мощности поглощенной дозы в системе СИ принят грей в секунду (Гр/с), внесистемной единицей является рад в секунду (рад/с):

$$1 \text{ Гр/с} = 100 \text{ рад/с} \quad (3.13)$$

Измерить поглощенную дозу в человеческом организме трудно. Для этого нужны тканеэквивалентные детекторы – органические вещества, вода, сложные композиции, по составу подобные ткани человеческого тела, которые размещают в моделях человеческого тела – фантомах. Поглощенная доза рассчитывается по формуле:

$$D = D_m t, \quad (3.14)$$

где D – поглощенная доза;

D_m – мощность дозы;

t – время.

Таким образом, измерив прибором мощность дозы, можно рассчитать дозу, поглощенную человеком за определенное время.

Из-за разной ионизирующей способности альфа, бета и гамма-излучений, даже при одной и той же поглощенной дозе, они оказывают неодинаковое поражающее биологическое воздействие. Для оценки радиационной опасности хронического облучения человека в малых дозах, при значениях поглощенной дозы за календарный год не более пяти предельно допустимых доз (ПДД) водится понятие эквивалентной дозы, позволяющей учесть биологическую эффективность

различных излучений. Эквивалентная доза – это произведение поглощенной дозы данного вида излучения на соответствующий коэффициент качества:

$$H = D K = D_m t K \quad , \quad (3.15)$$

где H – эквивалентная доза;

D – поглощенная доза;

D_m – мощность дозы,

t – время;

K – коэффициент качества.

Коэффициент качества позволяет учитывать зависимость выхода неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах от физических характеристик излучения. Принимаются следующие значения коэффициента качества: для рентгеновского, γ и β -излучения $K = 1$; для α -излучения $K = 20$.

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ принят зиверт (Зв), внесистемная единица – биологический эквивалент рада – бэр.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}. \quad (3.16)$$

Мощность эквивалентной дозы – это приращение эквивалентной дозы в единицу времени. Единицы измерения мощности эквивалентной дозы: в системе СИ – Зиверт в секунду (Зв/с), внесистемная – биологический эквивалент рада в секунду (бэр/с).

Эквивалентная доза рассчитывается для какой-то условной усредненной ткани человеческого тела. Однако различные органы человека имеют неодинаковую восприимчивость к радиационному повреждению. Поэтому для оценки воздействия ионизирующего излучения на весь организм вводится понятие эффективной эквивалентной дозы облучения, которая определяется соотношением:

$$D_{\text{экр.эф.}} = \sum_{i=1}^n w_i (D_{\text{экв}})_i \quad , \quad (3.17)$$

где $(D_{\text{экв}})_i$ – среднее значение эквивалентной дозы облучения в i -ом органе или ткани человека;

w_i – взвешивающий коэффициент, равный отношению риска облучения данного органа (ткани) к суммарному риску при облучении всего тела.

Таблица 3.8 – Значения взвешивающих коэффициентов

Орган или ткань	w_i
Половые органы	0,25
Молочные железы	0,15
Красный костный мозг	0,12
Легкие	0,12
Щитовидная железа	0,03
Поверхности костных тканей	0,03
Остальные ткани	0,3

Сумма взвешивающих коэффициентов для всего организма равны единице.

Проще всего измерить действие излучения по количеству заряда, образовавшегося в результате ионизации вещества. Эффект ионизации зависит как от характеристик излучения, так и от характеристик вещества. Поэтому для измерения излучений сравнивают их действие на вполне определенный тип вещества, в качестве которого удобнее всего выбрать воздух.

Для характеристики радиоактивного источника γ и рентгеновского излучения по эффекту ионизации воздуха применяют понятие экспозиционной дозы.

Экспозиционная доза – это количественная характеристика рентгеновского и γ -излучений, основанная на их ионизирующем действии и выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия.

За единицу экспозиционной дозы в системе СИ принят Кулон на килограмм (Кл/кг), внесистемная единица – рентген (Р):

$$\begin{aligned} \text{Кл/кг} &= 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}, \\ \text{Р} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}, \end{aligned} \quad (3.18)$$

Мощность экспозиционной дозы – приращение экспозиционной дозы в единицу времени. Единица измерения мощности экспозиционной дозы в системе СИ – ампер на килограмм (А/кг), внесистемная единица – рентген в секунду (Р/с):

$$\begin{aligned} \text{Р/с} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}; \\ \text{А/кг} &= 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р/с} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Таблица 3.9 – Связь между единицами СИ и внесистемными единицами активности и характеристиками поля излучения

Величина и ее символ	Название и обозначение единиц				Связь между единицами
	Единица СИ		Внесистемная единица		
Активность А	Бк	Беккерель, равный одному распаду в секунду (расп/с)	Ки	Кюри	1 Бк = 1 расп/с = $2,703 \cdot 10^{-11}$ 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ расп/с = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
Удельная активность Ауд	$\frac{\text{Бк}}{\text{кг}}$	Беккерель на килограмм	$\frac{\text{Ки}}{\text{кг}}$	Кюри на килограмм	1 Бк/кг = $2,703 \cdot 10^{-11}$ Ки/кг 1 Ки/кг = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/кг
Объемная активность Аоб	$\frac{\text{Бк}}{\text{л}}$	Беккерель на литр	$\frac{\text{Ки}}{\text{л}}$	Кюри на литр	1 Бк/л = $2,703 \cdot 10^{-11}$ Ки/л 1 Ки/л = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л
Плотность поверхностного загрязнения А5	$\frac{\text{Бк}}{\text{м}^2}$	Беккерель на квадратный метр	$\frac{\text{Ки}}{\text{км}^2}$	Кюри на квадратный километр	1 Бк/м ² = $2,703 \cdot 10^{-5}$ Ки/км ² 1 Ки/км ² = $3,7 \cdot 10^4$ Бк/м ²
Поглощенная доза Д	Гр	Грей, равный одному джоулю на килограмм (Дж/кг)	рад	Рад, равный поглощенной энергии 100 эрг на 1 г вещества	1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад 1 рад = 100 эрг/г = $1 \cdot 10^{-2}$ Дж/кг = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр
Мощность поглощенной дозы Д	Гр/с	Грей в секунду, равный одному джоулю на килограмм в секунду (Дж/кг.с)	рад/с	Рад в секунду	1 гр/с = 1 Дж/кг.с = $1 \cdot 10^2$ рад/с 1 рад/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Дж/кг.с = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр/с
Эквивалентная доза Н	Зв	Зиверт, равный одному грею на коэффициент качества (1 Гр/К = 1 Дж/кг.К)	Бэр	Бэр	1 Зв = 1 Гр/К = 1 Дж/кг.К = 100 бэр 1 бэр = 1 рад/К = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр/К
Мощность эквивалентной дозы Н	$\frac{\text{Зв}}{\text{с}}$	Зиверт в секунду	Бэр/с	Бэр в секунду	1 Зв/с = 100 бэр/с 1 бэр/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв/с
Экспозиционная доза Х	$\frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$	Кулон на килограмм	Р	Рентген	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р
Мощность экспозиционной дозы Х	$\frac{\text{Кл}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$	Кулон на килограмм в секунду	Р/с	Рентген в секунду	1 Ки/кг.с = $3,88 \cdot 10^3$ Р/с 1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Ки/кг.с

3.7 Экологические проблемы мелиорированных земель

Мелиорация земель является одним из существенных факторов интенсификации сельского хозяйства для мобилизации потенциального плодородия почв, повышения эффективности механизации, химизации и защиты растений. Огромные площади осушенных земель позволяют получать дополнительно не менее трети продукции сельскохозяйственного производства, создать относительно развитую социальную инфраструктуру – современные поселения, удобные жилые дома, развитые дорожные и иные коммуникации и др. Мелиорированные земли – это важный природно-техногенный ресурс и национальное богатство Беларуси, об эффективности использования и охраны которых во многом зависят экономическая, социальная и экологическая ситуации в стране.

В настоящее время общая площадь осушенных в Республике Беларусь земель составляет 3414,3 тыс. га (16,4 % всей территории), или 75 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих первоочередного регулирования водного режима. В общей площади осушенных земель сельскохозяйственные занимают 2927,9 тыс. га, из них пахотные – 1324,8 тыс. га, т. е. 45,2 %, сенокосные и пастбищные – 1601,3 тыс. га или 54,7 % (таблица 3.10). Осушенность территории в региональном и административном разрезе колеблется весьма значительно. Наибольшим удельным весом осушенных земель характеризуются районы Белорусского Полесья. Например, в Брестской области они составляют 46 % общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Анализ использования осушенных земель свидетельствуют, что большая их часть (54,7 %) представлена сенокосами и пастбищами. Данное положение характерно для всех областей, за исключением Витебской, где мелиоративные работы велись, прежде всего, на переувлажненных пахотных землях. В результате, в составе осушенных сельскохозяйственных земель этой области, пашня занимает 71,3 % [14].

Таблица 3.9 – Наличие и распределение по видам осушенных земель в Республике Беларусь [14]

Виды осушенных земель	Всего в республике тыс. га	В том числе по области					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Общая площадь	3414,3	744,4	622,5	675,7	323,9	717,2	330,6
В т. ч. сельскохозяйственных	2927,9	688,7	525,3	530,5	293,5	594,7	295,2
Из них: пахотных	1324,8	314,4	374,7	214,2	67,1	255,1	99,3
Сенокосных и пастбищных	1601,3	373,3	150,5	316,2	226,2	339,2	195,9
Лесных и прочих лесопокрытых	266,8	27,2	69,7	63,6	12,7	78,4	15,2
Под дорогами, улицами, постройками и дворами;	36,5	12,2	5,4	6,6	2,5	7,7	2,1
Нарушенных;	6,5	0,3	2,2	1,2	0,3	2,2	0,3
других	176,6	16,0	19,9	73,8	14,9	34,2	17,8

Основные площади торфяных почв, более половины которых имеют мощность торфа менее 1 м и почти повсеместно подстилаются рыхлыми песчаными отложениями, расположены в Белорусском Полесье (около 1,2 млн га). В настоящее время в осушенном состоянии находится около 1200 тыс. га болот, которые прекратили выполнение своих естественных биосферных функций и дестабилизируют биосферные процессы. Наибольшие площади осушенных торфяных почв (в тыс. га) различной мощности, ботанического состава и уровня окультуренности концентрируются в 12–15 районах Брестской, Гомельской и Минской областей.

В последние годы на мелиорированных торфяниках практически повсеместно стали возделывать зерновые и пропашные культуры. Это обстоятельство послужило катализатором деградации торфяников. Так, под воздействием процессов минерализации и дефляции площадь глубоководных торфяников в Лунинецком и Кобринском районах сократилась в 2 раза, существенно возросла площадь деградированных торфяно-болотных почв. На значительной площади торфяные почвы превратились в антропогенные орга-

но-минеральные образования, требующие и специального и, главное, особых методов использования.

Ситуация сопровождается понижением грунтовых вод на осушенных и прилегающих площадях, усадкой и уплотнением торфяных почв, ускоренной минерализацией торфяно-болотных почв, нарушением водно-воздушных режимов сельскохозяйственных земель, прилегающих к осушенным, изменением природно-климатических условий, дестабилизацией температур, обеднением флоры и фауны, пыльными бурями, усилением водной эрозии почв.

В мире многие страны на определенном этапе своего развития активно использовали осушительную мелиорацию для решения продовольственной проблемы. Например, осушительная мелиорация в довоенное и послевоенное время в ряде западноевропейских государств была вынужденной крайне необходимой мерой. Быстрые приросты населения при относительно низкой продуктивности традиционных земель заставляли использовать мелиорацию новых земель для получения дополнительных объемов сельскохозяйственной продукции. Но в последующем, с развитием общей культуры земледелия, и особенно ростом интенсификации производства, освоение новых земель в послевоенное время почти прекратилось и даже наблюдается вывод прежних мелиорированных земель, особенно торфяно-болотных, из хозяйственного оборота и придание им прежнего естественного облика (заболачивание, залесение, залужение и пр.).

Перспективное использование торфяных почв Беларуси определяется необходимостью сохранения и поддержание благоприятной окружающей среды и экономного расходования органического вещества для устойчивого развития экономики агропромышленного сектора.

В основе рационального использования органогенных почв на протяжении всех стадий их трансформации должно быть непреложное требование: обеспечить высокую продуктивность возделываемых культур при экономном расходовании ресурсов естественного плодородия, сохранение запасов органического вещества на возможно более длительный период как аккумулятора

воды, источника азота и фактора, положительно влияющего на уровень плодородия формирующихся на их месте новых почв.

Национальная стратегия в использовании торфяных почв и прежде всего маломощных в регионе Белорусского Полесья сводится к тому, чтобы в ближайшей перспективе полностью вывести из них зерновые и пропашные культуры, заменив их высокопродуктивными луговыми угодьями – сенокосами и пастбищами длительного пользования. Луговые угодья требуют меньшей нормы осушения и в большей мере, чем другие культуры, пополняют почву послеуборочными остатками, сдерживают интенсивность минерализации органического вещества; более устойчивы к заморозкам, часто повторяющимся на торфяниках; способны усваивать высокие запасы минерализованного азота; хорошо очищают почву от ветровой эрозии и практически не требуют ядохимикатов при возделывании; формируют урожай в течение всего периода вегетации; обеспечивают высокую и наиболее стабильную по годам продуктивность.

Такое направление в использовании торфяных почв намного сократит ежегодные потери органического вещества, значительно повысит их устойчивость к дальнейшей деградации, будет способствовать улучшению экологической обстановки и прежде всего в регионе Белорусского Полесья, где в основном сосредоточены массивы этих почв. В системе земледелия необходимо учитывать объективные изменения свойств и показателей плодородия торфяных почв. Применительно к этой системе использования торфяных почв уточняется и специализация размещенных на них хозяйств. В этой связи можно выделить следующие зоны специализации сельского хозяйства [14]:

- мясо-молочного скотоводства, свиноводства, овцеводства и интенсивного льноводства. Это Бешенковичский, Верхнедвинский, Городокский, Дубровенский, Лепельский, Лиозненский, Докшицкий, Миорский, Поставский, Сенненский, Толочинский, Ушачский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский, Россонский районы;

- молочно-мясного скотоводства, свиноводства, овощеводства и картофелеводства (Браславский, Глубокский, Оршанский, Полоцкий, Витебский районы).

Поскольку природные экосистемы и в первую очередь болота и торфяные месторождения – это мощный фактор формирования благоприятной окружающей среды и источник ценных природных ресурсов для жизни общества, то важнейшим принципом природопользования на них должно быть соблюдение интересов экологии и экономики с приоритетом экологических интересов над экономическими. Высшей формой научно обоснованного природопользования является биосферносовместимое природопользование, под которым понимается такое использование природных ресурсов и особенно торфяных месторождений, когда естественные биосферные процессы и циклы на них либо не нарушаются вообще, либо нарушаются только на ограниченное время, например, на период разработки торфяников, после чего они должны восстанавливаться в оптимальном объеме. При сельскохозяйственном использовании торфяных почв этому в наибольшей степени соответствует, луговое направление.

4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАКТОРОВ И САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

4.1 Основные причины ухудшения показателей экологической безопасности тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин при эксплуатации

Токсичность ОГ ДВС заложена самим принципом их работы. Так, рабочий процесс дизелей характеризуется тем, что чем он эффективнее, тем больше производит окислов азота, условиями образования которых являются высокие температуры и давления. При этом концентрация в ОГ окиси углерода и углеводородов минимальна. При ухудшении КПД рабочего процесса, что закономерно и неизбежно имеет место в эксплуатации, образование окислов азота уменьшается, но растут выбросы *СО* и *СН*. Этим обуславливается трудность обеспечения экологической безвредности дизелей.

Таблица 4.1 – Вредные выбросы с ОГ тракторных дизелей [8]

Марка дизеля	Расчетный средний расход топлива в год, т/год	Вредные выбросы, т/год				
		<i>NO_x</i> (окислы азота)	<i>СО</i> (окись углерода)	<i>СН</i> (углеводороды)	<i>SO₂</i> (окислы серы)	<i>С</i> (сажа)
Д-240	~ 8,5	0,43	0,23	0,04	0,028	0,017
Д-240Л						
Д-50	~ 6,8	0,34	0,18	0,03	0,022	0,014
Д-50(Л)						
Д-65Н	~ 7,1	0,36	0,19	0,04	0,023	0,014
Д-65М						
Д-144	~ 7,5	0,38	0,20	0,04	0,025	0,015
ЯМЗ-240Б	~ 32	1,6	0,86	0,16	0,105	0,064
ЯМЗ-240БМ						
ЯМЗ-238НБ	~ 24	1,2	0,65	0,12	0,079	0,048
ЯМЗ-238НД						
СМД-62	~ 19	0,95	0,51	0,09	0,063	0,038

Как известно, при эксплуатации тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин все параметры их технического состояния ухудшаются: снижаются мощность и производительность, ухудшается топливная экономичность, изменяются параметры производственной безопасности (эффективность тормозной системы, регулировки рулевого управления, ходовой

части, внешних световых приборов и др.), а также параметры экологической безопасности (содержание вредных выбросов в отработавших газах дизеля, уровень шума и вибрации, содержание *СО* в воздухе рабочей зоны оператора машины, утечки топлива, масел и охлаждающей жидкости и др.).

Вредные выбросы в ОГ ДВС неизбежны (таблица 4.1), но их концентрация может значительно увеличиваться с разрегулировками, неисправностями и износами деталей системы питания, цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма, а также с ухудшением качества (повышением сернистости) топлива и моторного масла. Особенно токсичны выбросы ОГ неисправных дизелей в следующих случаях: при запуске и работе без прогрева на минимальных оборотах; с малой нагрузкой; на холостом ходу.

Причинами неисправностей дизелей, повышающих дымность ОГ, могут быть [8]:

- загрязненность воздухоочистителя, засоренность впускного воздушного тракта, неисправность турбокомпрессора (ТКР), негерметичность впускного тракта за ним;
- понижение давления впрыскивания, плохое качество распыливания топлива, подтекание форсунок;
- неправильный угол начала нагнетания топлива насосом высокого давления (ТНВД), его разрегулировки, износ кулачкового вала;
- неправильно отрегулирован корректор регулятора ТНВД, завышена цикловая подача топлива;
- износ деталей ЦПГ, закоксованы (залегли) поршневые кольца;
- негерметичность прилегания клапанов ГРМ к седлам из-за износа, прогара;
- неправильные тепловые зазоры в клапанах ГРМ;
- заедание клапанов в направляющих втулках, поломка клапанных пружин;
- топливо с низким цетановым числом;
- попадание воды в топливо;
- перегрузка дизеля при работе с полной нагрузкой.

По мере эксплуатации дизеля начинают проявляться износы и разрегулировки механизмов и систем. Например, износ ЦПГ увеличивает расход масла на угар, что повышает расход ТСМ. Этот процесс значительно увеличивает выход CO , CH_x и прежде всего – сажи (дымности ОГ). Отсюда следует, что одновременное увеличение выхода сажи, CO , CH_x (с повышенным расходом моторного масла на угар) является признаком износа КШМ.

Вышеотмеченные неисправности КШМ, ЦПГ, ГРМ, впускного воздушного тракта дизелей, еще более резко проявляются на снижение топливной экономичности бензиновых ДВС в силу их большей скорости вращения, меньшей степени сжатия топливовоздушной смеси, другими качествами бензина по сравнению с дизтопливом.

Основные признаки экологически недопустимой работы дизелей тракторов и самоходных комбайнов, обусловленные неисправностями системы топливоподачи (форсунки, топливный насос высокого давления), воздухоподачи (воздухоочиститель и турбокомпрессор), газораспределения (негерметичность, тепловой зазор в клапанах) и цилиндропоршневой группы (износ поршневых колец, поршней, цилиндров) приведены ниже. Большая часть неисправностей, о которых свидетельствуют эти признаки, предотвращается своевременным и качественным техническим обслуживанием [8].

Черный дым ОГ при полной нагрузке дизеля. Количество сажи в дыме ОГ может достигать 1 % от расходуемого топлива. Причина: засорен воздухоочиститель. Возможна проверка кратковременным отсоединением воздухоочистителя при гарантии защиты дизеля от загрязнения впускного тракта.

Черный дым ОГ на всех режимах работы дизеля: неисправны форсунки (пониженное давление впрыскивания, плохое распыливание топлива, подтекание топлива и др.). Для поиска неисправной форсунки поочередно отключают подачу топлива в форсунки, ослабляя накидные гайки крепления топливопроводов на насосе или на форсунках. При отключении исправной форсунки дизель работает с перебоями, снижает частоту вращения коленчатого вала. Отключение неисправной форсунки характер работы дизеля не меняет.

Черный дым и жесткая работа дизеля возможны также при ошибочном установлении чрезмерно раннего угла начала подачи топлива насосом. Следует иметь в виду, что наше зрение начинает замечать дымность ОГ дизелей при показаниях дымомеров около 30 % дымности.

Белый, голубоватый дым ОГ: неполное сгорание топлива из-за его плохого распыливания или из-за непрогретости дизеля. Белый дым появляется также при попадании воды в топливо или в камеру сгорания при пробое прокладок головок цилиндров. Неисправный цилиндр на прогретом дизеле находят поочередным отключением подачи топлива в форсунки, ослаблением крепления топливопроводов. При отключении топливоподачи в неисправный цилиндр окраска дыма ослабляется.

Поиск неисправности ускорится при обнаружении форсунки, которая холоднее других (плохо сгорает топливо из-за неисправности форсунки или негерметичности камеры сгорания) или горячее других (зависла игла распылителя, газы прорываются в форсунку и перегревают ее, прорываются в систему питания, дизель работает с перебоями, может остановиться).

Белый дым возможен также из-за поздней подачи топлива насосом на дизеле с большой наработкой. Дополнительные симптомы этой причины: мягкая работа дизеля, снижение мощности, белые густые клубы дыма при пуске дизеля.

При белом дыме в ОГ резко увеличивается концентрация углеводородов. Поэтому работа непрогретого дизеля при $n_{x \max}$ категорически запрещается, что опасно также из-за аварийного расхода масла на угар.

Синий дым ОГ – это особенно токсичный дым. Обусловлен повышенным угаром моторного масла в камерах сгорания из-за износа цилиндропоршневой группы или уровнем масла в картере, превышающим верхнюю метку масломерной линейки. Дополнительные признаки этой неисправности: повышенный расход моторного масла, обильный выход картерных газов (дыма) из сапуна или маслозаливной горловины. Дизель не теряет мощности за счет сгорания масла в качестве топлива.

При синем дыме в ОГ особенно опасно увеличивается концентрация бенз(а)пирена, альдегидов, окислов серы.

Разжижение моторного масла топливом (топливо на масломерном щупе) наблюдается, когда: плохое распыливание топлива форсунками, утечки из топливоподкачивающего насоса (ТПН) или форсунок в картерное пространство. Неисправные форсунки выявляются их отключением, как указано выше. Утечка топлива из ТПН в картер происходит крайне редко.

Засоренность воздухоочистителя по показаниям индикатора его загрязненности возможна на тракторах последних лет выпуска.

Выбросы аэрозолей масла и топлива в выхлопную трубу. Для уточнения причин неисправностей рекомендуется проанализировать отпечатки, оставляемые ОГ на белой бумаге. *Серо-желтый цвет следов ОГ* указывает на выброс моторного масла через цилиндропоршневую группу, подшипники ТКР и направляющие втулки клапанов, если загрязнены головки цилиндров. *Серо-бурый цвет* – выброс несгоревшего топлива из-за плохого распыливания, сниженной компрессии в цилиндрах. *Крупные частицы копоти (сажи)* свидетельствуют об излишней подаче топлива или засоренности воздухоочистителя, низкой компрессии в цилиндрах, плохом распыле топлива.

На отпечатке могут быть также следы воды из-за прогорания прокладок головок цилиндров, трещин в перемычках головок и блоках цилиндров.

Общепринято считать, что экологическая опасность машины, исчерпавшей или исчерпывающей свой ресурс перед ТО или ремонтом в 1,5 и более раз выше, чем новой машины [8].

В значительной мере от наработки машин зависит дымность ОГ дизелей. Со временем, несколько увеличивается шум внутренний, шум внешний, вибрации общие на рабочем месте механизатора и на органах управления машиной. Имеется тенденция к увеличению утечек топлива, масел, смазок, других технологических жидкостей, хотя утечки топлива в большей мере зависят от качества ТО машин. Что же касается токсичности ОГ дизелей, то необходимо учитывать следующие [8]:

- концентрация выбросов оксидов серы не зависит от наработки машины, т. к. она определяется только сернистостью топлива;
- для ориентировочной оценки выбросов канцерогенных веществ (таблица 4.2) принимается значительное их увеличение со снижением эффективности рабочего процесса дизеля;
- выбросы твердых частиц (ТЧ), около 60 % которых составляет сажа, циклически увеличиваются с ухудшением рабочего процесса в КС, снижаясь после каждого ТО системы питания;
- с ростом дымности дизелей пропорционально растут выбросы угарного газа и углеводородов [8];
- концентрация одного из основных токсичных компонентов ОГ – оксидов азота (NO_x), резко уменьшается с ухудшением процесса сгорания, с повышением удельного расхода топлива, что приводит к значительному общему снижению токсичности ОГ дизелей.

Таблица 4.2 – Значения показателей токсичности ОГ дизелей [8]

№ п/п	Характеристика технического состояния	Показатели токсичности	Отклонение параметров, %	
			дизели без наддува	дизели с наддувом
1.	После наработки до капитального ремонта – $T_{кр}$	Дымность	200–300	150–250
		CO	150–250	150–200
		CH	120–150	120–150
		NO_x	40–50	50–60
		g_e	12–15	15–18
2.	При отклонениях параметров технического состояния системы воздухообеспечения	Дымность	150–250	200–250
		CO	120–130	150–200
		CH	105–120	120–150
		NO_x	95–100	80–90
		g_e	6–8	7–10
3.	При отклонениях параметров технического состояния системы топливоподачи	Дымность	150–250	125–200
		CO	125–150	110–125
		CH	125–150	100–125
		NO_x	80–90	85–95
		g_e	6–8	8–11

Все факторы, изменение которых в условиях эксплуатации вызывает ухудшение протекания рабочего процесса и рост выбросов токсичных компонентов ОГ и ТЭ, можно разбить на следующие группы:

- внешние условия эксплуатации дизелей (температура и давление окружающей среды, влажность и степень запыленности воздуха);
- качество дизельного топлива (соответствие цетанового числа нормам, групповой состав топлива, содержание в топливе серы, азота и других примесей, физические свойства топлива (плотность, вязкость и т. д.);
- режимы эксплуатации (частота вращения коленчатого вала, эксплуатационная нагрузка дизеля, относительное время эксплуатации на отдельных нагрузочных и скоростных режимах);
- стабильность регулировок (угла опережения впрыскивания и цикловой подачи топлива и т. д.);
- техническое состояние дизеля (степень износа цилиндропоршневой группы; отклонения параметров технического состояния систем топливоподачи и воздухообеспечения и т. д.).

4.2 Влияние эксплуатационных факторов на экологическую безопасность МТП

Основными факторами технического состояния дизеля, значительно увеличивающими токсичность ОГ по мере наработки дизелей являются:

- загрязненность воздухоочистителя или неисправность турбокомпрессора, уменьшающие поступление воздуха в цилиндры и ухудшающие полноту сгорания топлива (появление темного цвета или черного дыма при работе под нагрузкой);
- ухудшение качества распыливания топлива форсунками (белый дым на холостых оборотах непрогретого дизеля, черный дым при работе прогретого дизеля под нагрузкой);
- неправильный момент начала впрыскивания топлива форсунками (черный дым при раннем, белый дым – при позднем впрыскивании);
- повышенный износ деталей цилиндропоршневой группы дизелей (поршневые кольца, гильзы, поршневые канавки под кольца качественный признак – голубой дым ОГ).

Менее определенно на токсичность ОГ проявляется влияние состояния топливной аппаратуры, хотя и оно влияние существенно увеличивается по мере нарастания износов деталей ТНВД. Встречаются также случаи повышенного дымления и токсичности ОГ под нагрузкой вследствие принудительного увеличения цикловой подачи топлива против номинальной. Кроме повышения дымности и токсичности ОГ это нарушение приводит к значительному перерасходу топлива и снижению ресурса дизеля в целом.

Окись углерода, углеводороды и другие органические продукты неполного сгорания топлива возрастают в ОГ из-за уменьшения количества воздуха, поступающего в цилиндры, ухудшения его турбулизации, ухудшения качества распыливания, позднего начала его воспламенения, а также из-за повышенной подачи масла в камеру сгорания, износа ЦПГ или повышенной загрязненности воздухоочистителя. Так, например [8], увеличение разрежения $P_{\text{вп}}$ за воздухоочистителем на 100 мм вод. ст. увеличивает дымность ОГ и выбросы CO и CH под нагрузкой в 1,5 раза. Снижение давления наддува $P_{\text{к}}$ на те же 100 мм вод. ст. действует равнозначно. Уменьшение давления впрыскивания $P_{\text{впр}}$ топлива на 1 МПа от нормы увеличивает дымность под нагрузкой на 3 %, выход CO на 5 %, а CH – на 10 %. Повышение $P_{\text{впр}}$ заметно уменьшает выход ВВ и дымность ОГ. Естественное уменьшение угла начала нагнетания на 2 град. п.к.в. увеличивает выход CO и CH_x в 1,5 раза. При этом возникает проблема «белого дыма» (белого или голубоватого «холодного дыма»), являющегося следствием чрезмерного выброса углеводородов и паров топлива в ОГ.

Значительное влияние на токсичность и дымность ОГ оказывает тепловой режим дизеля, температура воздуха. На холостом ходу дизелей смесеобразование и сгорание ухудшаются, выход продуктов неполного сгорания, особенно CH_x , увеличивается. Поэтому, при контроле токсичности и дымности ОГ следует обеспечивать прогрев дизеля не менее чем до $t_{\text{охл}}, t_{\text{м}} = 85$ °С. Повышение $t_{\text{охл}}, t_{\text{м}}$ до 95–105 °С снижает дымность ОГ на 20–30 %. Таким образом, изменение (уменьшение) дымности и цвета дыма во время прогрева дизеля явля-

ется качественным признаком его нормального состояния. Замена топлива с $\rho = 0,81 \text{ т/м}^3$ на топливо с $\rho = 0,87 \text{ т/м}^3$ увеличивает выход CO в 2 раза [8].

Износ КШМ приводит к увеличению надпоршневого зазора, уменьшению компрессии, увеличению доли топлива, сгорающего вне камеры сгорания. Параллельно этому износ ЦПГ увеличивает расход масла. Эти процессы значительно увеличивают выход CO , CH и прежде всего, сажи (дымности ОГ). Отсюда следует, что одновременное увеличение выхода сажи CO , CH (с повышенным расходом моторного масла на угар) является признаком износа КШМ. Редкими причинами увеличения дымности и токсичности ОГ являются увеличение противодавления из-за засоренности выхлопного тракта (дымность может увеличиться в несколько раз), неисправности (прогар, негерметичность) клапанов ГРМ, применение несоответствующего сорта топлива (повышенная плотность, вязкость, чрезмерное содержание серы). Кроме общих, присущих всем цилиндрам, могут возникать неисправности и в отдельных цилиндрах: неисправность форсунки, клапанов, компрессионных колец. Эти неисправности локализуются выключением подачи: ослаблением крепления топливопровода; декомпрессированием цилиндра декомпрессором или вворачиванием регулировочного винта в коромысло клапана или другими приемами.

Противоположным вышеизложенному является измерение в ОГ концентрации окислов азота. В цилиндре только во время сгорания топлива образуется в основном окись азота NO (95 %). Оптимальными условиями для этого являются избыток кислорода и наивысшая температура (как минимум $1650 \text{ }^\circ\text{C}$), т. к. в отличие от других токсичных компонентов – продуктов неполного сгорания топлива, образование NO не связано с реакциями горения, а имеет только термическую природу. Поэтому, если увеличение выхода CO , CH и сажи напрямую свидетельствует об ухудшении рабочего процесса, понижении эффективности и экономичности работы дизеля, то в противоположность этому естественным по мере эксплуатации дизеля является умень-

шение выхода NO_x , т. к. это обусловлено снижением как избытка воздуха в камере сгорания, так и температуры рабочего процесса.

Вид топлива не оказывает заметного влияния на концентрацию NO_x .

Основные причины неисправностей дизеля, влияющих на его экологичность приведены в таблице 4.3. К числу эксплуатационных мероприятий по восстановлению экологических характеристик дизеля относятся [8]:

- своевременная и качественная очистка воздухоочистителя и (или) обеспечение нормативного давления наддувочного воздуха при каждом ТО-1 машин, а в условиях запыленности воздуха – через 50–60 мото-ч;
- поддержание нормативного давления и качества распыливания топлива форсунками; контроль при ТО-2 тракторов и комбайнов;
- поддерживание нормативного угла начала нагнетания топлива секциями ТНВД, причем для достижения токсичности ОГ только по NO_x – занижение на 2–3 градуса;
- восстановление и поддержание нормативного значения максимальной частоты вращения коленчатого вала;
- восстановление и поддержание нормативного значения теплового зазора в клапанах ГРМ;
- восстановление нормативного значения расхода топлива на холостом ходу и под максимальной нагрузкой.

В режиме свободного ускорения коленчатого вала ненагруженного дизеля, используемого вместо стендовой загрузки дизелей в эксплуатационных условиях, ухудшается смесеобразование, увеличивается неполнота сгорания топлива, вследствие чего резко увеличивается дымность ОГ и увеличивается выход других продуктов неполного сгорания (CO , CH_x), а выход окислов азота заметно уменьшается. Для дизелей с ТКР из-за несоответствия расходных характеристик дизеля и ТКР вследствие инерции ротора ТКР расход воздуха в цилиндры увеличивается со значительным опозданием, а расход топлива резко повышен. Вследствие этого еще более значительно и увеличивается

выход CO и CH , а выход NO_x , как и для безнаддувных дизелей заметно уменьшается. Это явление почти не имеет место для вихрекамерных дизелей.

Таблица 4.3 – Основные причины неисправностей двигателя, влияющие на экологические показатели

Составная часть	Причины неисправностей
1. Система воздухоподачи	- загрязненность воздухоочистителя; засоренность впускного воздушного тракта; неисправность ТКР; негерметичность впускного тракта за ТКР;
2. Система топливоподачи	- пониженное давление впрыскивания; плохое качество распыливания топлива, подтекание форсунок; - неправильный угол начала нагнетания топлива насосом высокого давления; разрегулировки ТНВД; износ кулачкового вала; - неправильно отрегулирован корректор регулятора ТНВД; завышена цикловая подача топлив;
3. ЦПГ	- износ деталей ЦПГ, закокосованы (залегли) поршневые кольца;
4. ГРМ	- негерметичность прилегания клапанов ГРМ к седлам из-за износа, прогара; - неправильные тепловые зазоры в клапанах ГРМ; - заедание клапанов в направляющих втулках, поломка клапанных пружин;
5. Система смазки	- загрязненность картера и масляной системы; уровень масла в картере; загрязненность маслозаборника и фильтров; негерметичность уплотнений и соединений;
6. Система охлаждения	- негерметичность соединений и уплотнений; загрязненность радиатора; натяжение ремня вентилятора; уровень воды в радиаторе;
7. Загрязненность ТСМ	- топливо с низким цетановым числом; попадание воды в топливо и масло, загрязненность моторного масла.

Изменение атмосферных условий мало влияет на выход CO и CH .

На токсичность ОГ кроме режимных и функциональных параметров оказывают большое влияние неконтролируемые параметры: обводненность, загрязненность топлива и масла, толщина нагара в камере сгорания, залегание (закокосованность) поршневых колец, температура топлива, атмосферное давление, в обычном диапазоне его изменения на равнине, мало влияет на выход CO и CH , т. к. дизели обычно работают с коэффициентом избытка воздуха 1,3. Меньшую токсичность имеют дизели с разделенной камерой сгорания (вихрекамерные, предкамерные). Несколько выше у дизелей с непосредственным впрыском. Наивысшая токсичность свойственна дизелям с турбонаддувом.

Вихрекамерные дизели имеют минимальную дымность и токсичность по всем компонентам, что предполагает их использование в рабочих зонах с ограниченным воздухообменом.

4.3 Оценка воздействия на окружающую среду и управление экологической безопасностью МТП

4.3.1 Методы расчета выбросов загрязняющих веществ от МТП

Состав и количество отработавших газов передвижных источников зависят от их марки, условий эксплуатации и других факторов, что значительно затрудняет экспериментально измерить массу вредных выбросов. Для этого пришлось бы на каждое мобильное средство устанавливать комплекс газоанализаторов и проводить непрерывные измерения. Поэтому для определения массы выбросов (M_i) используются расчетные методы, среди которых наибольшее применение получили следующие [16]:

а) с учетом количества топлива, фактически расходуемого передвижным источником:

$$M_i = Q \cdot K, \quad (4.1)$$

где Q – расход топлива, т или тыс. m^3 ;

K – коэффициент эмиссии вредных веществ при сжигании одной тонны жидкого топлива или $1000 m^3$ сжатого газа;

б) пропорционально пробегу передвижных источников;

в) комплексный метод.

Первые два метода не учитывают структуру парка передвижных источников, их техническое состояние, условия движения и эксплуатации, вследствие чего результаты расчетов недостаточно точны. Лучшие результаты дает комплексный метод, основанный на следующем соотношении:

$$M_i = m_{i\text{вд}} L k_1 k_2 k_3 10^{-6}, \quad (4.2)$$

где M_i – масса выброса i -го вида примеси в атмосферу, т;

$m_{iуд}$ – величина удельных выбросов примесей на один километр пробега, г/км;

L – общий пробег передвижного источника, км;

k_1, k_2, k_3 – коэффициенты влияния соответственно среднего возраста парка передвижных источников, уровня технического состояния, природно-климатических условий.

Используя комплексный метод, можно, на примере автомобилей, получить данные о выбросах вредных компонентов отработавших газов отдельно для четырех режимов работы: холостой ход, разгон, установившееся движение и торможение. Известно, что самое большое массовое количество вредных веществ с ОГ выбрасывается при работе двигателя не на холостом ходу, а на форсированных режимах, в момент разгона и торможения. В этом случае определяются: для передвижных источников с карбюраторными двигателями выброс оксида углерода (CO), углеводородов (C_xH_y), оксидов азота (в пересчете на диоксид азота NO_2) и соединений свинца (Pb); для дизельных двигателей расчет ведется для CO , C_xH_y , NO_2 и сажи (C).

Выброс i -го вещества в граммах одним передвижным источником в день при выезде (M_i) с территории стоянки (гаража) и возврате (M''_{ik}) равен

$$M'_{ik} = m_{пр.ик}t_{пр} + m_{х.х.ик}t_{х.х.1} + m_{1ик}L_1, \quad (4.3)$$

$$M'_{ik} = m_{х.х.ик}t_{х.х.2} + m_{1ик}L_2, \quad (4.4)$$

где $m_{пр.ик}$ – удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя передвижного источника k -ой группы, г/мин;

$m_{х.х.ик}$ – удельный выброс i -го вещества при работе на холостом ходу, г/мин;

$m_{1ик}$ – удельный выброс i -го вещества при движении ПИ по территории стоянки, г/км;

$t_{пр}$ – время прогрева двигателя, мин;

L_1, L_2 – пробег за день по территории стоянки одного ПИ при выезде (возврате), км;

$t_{x.x.1}$ $t_{x.x.2}$ – время работы двигателя на холостом ходу при выезде (возврате) на территорию стоянки (гаража), мин. В методике принято $t_{x.x.1} = t_{x.x.2} = 1$ мин.

Под k -ой группой ПИ принимаются мобильные средства одной категории. Например, группы ПИ с карбюраторными двигателями грузоподъемностью до 1 т, от 1 т до 3 т, от 3 т до 6 т и т. д. Величины удельных выбросов загрязняющих веществ получают экспериментально. Время прогрева двигателя ($t_{пр.}$) зависит от температуры воздуха. В переходный период (среднемесячная температура от -5 °С до $+5$ °С) выбросы CO и C_xH_y умножаются на коэффициент 0,9 от значений холодного периода года (среднемесячная температура меньше -5 °С). Выбросы NO_2 в переходный период равны выбросам в холодный период.

Валовой выброс i -го вещества, то есть выброс всеми мобильными средствами, за каждый период года рассчитывается по формуле:

$$M_{i \text{ вал}} = \sum_{j=1}^k \alpha_b (M'_{ik} + M''_{ik}) N_k D_p 10^{-3}, \quad (4.5)$$

где $M_{i \text{ вал}}$ – валовой выброс, кг;

$\sum_{j=1}^k$ – обозначает суммирование по всем группам передвижных источников, имеющих на предприятии;

α_b – коэффициент выпуска, характеризующий долю ПИ k -ой группы, выезжавших с территории предприятия;

N_k – количество ПИ k -ой группы на предприятии;

D_p – количество рабочих дней в расчетном периоде года.

Выброс соединений свинца в граммах (для карбюраторных двигателей) одним ПИ k -ой группы при выезде с территории стоянки M'_{ck} и возврате M''_{ck} рассчитывается следующим образом:

$$M'_{ck} = 0,7d_c(q_{пр.} \cdot t_{пр.} + q_{x.x} t_{x.x} + q_1 L_2), \quad (4.6)$$

$$M''_{ck} = 0,7d_c(q_{x.x} \cdot t_{x.x} + q_1L_2), \quad (4.7)$$

где 0,7 – безразмерный коэффициент;

d_c – содержание свинца в одном литре бензина (Аи-93 $d_c = 0,37$ г/л; А-76

$d_c = 0,17$ г/л);

$q_{пр}$ и $q_{x.x}$ – расход бензина соответственно при прогреве двигателя и работе на холостом ходу, л/мин;

q_1 – расход бензина при движении ПИ по территории стоянки (предприятия), л/км. Валовый выброс свинца (кг) $M_{c \text{ вал.}}$:

$$M_{c \text{ вал.}} = \sum_{j=1}^k \alpha_b (M'_{ck} + M''_{ck}) N_k D_p 10^{-3}. \quad (4.8)$$

4.3.2 Измерение концентрации загрязняющих веществ в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания

Для контроля отработавших газов ДВС (СО и углеводородов) используются специальные газоанализаторы. Работа этих приборов основана на методах оптико-акустической или абсорбционной спектроскопии, в основе которых лежит способность молекул каждого вещества поглощать излучение с характерными только для них длинами волн, образуя спектр поглощения.

Оптико-акустический эффект заключается в следующем. Если через кювету (отрезок трубки, у которой торцы закрыты прозрачными для излучения окошками), где находится газ, пропускать модулированное, то есть в виде периодических импульсов, излучение, то газ будет нагреваться. Нагрев газа в замкнутом объеме приводит к увеличению давления, вследствие чего в кювете будут возникать периодические (с частотой модуляции излучения) колебания давления, т. е. акустические (звуковые) волны, которые возможно регистрировать. Чем больше концентрация поглощающих молекул, тем больше интенсивность акустических колебаний. Принцип действия оптико-акустического газоанализатора показан на рисунке 4.1.

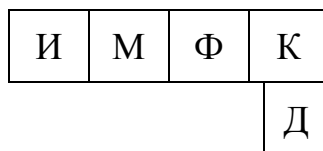


Рисунок 4.1 – Функциональная схема оптико-акустического газоанализатора:
И – источник излучения; М – модулятор; Ф – светофильтр, выделяющий излучение нужной длины волны; К – кювета; Д – детектор

Принцип действия «абсорбционного» газоанализатора основанный на ослаблении прошедшего через кювету излучения состоит в следующем (рисунок 4.2). Излучение источника делится на два одинаковых пучка, один из которых проходит через рабочую кювету, содержащую исследуемый газ, а другой через кювету сравнения, заведомо не имеющую определяемого вещества. При этом пучки света прерываются (обтюратор), поочередно проходят через светофильтр, выделяющий излучение нужной длины волны, и затем попадают на приемник излучения. Разница в интенсивности этих пучков и служит мерой содержания измеряемого вещества в рабочей кювете.

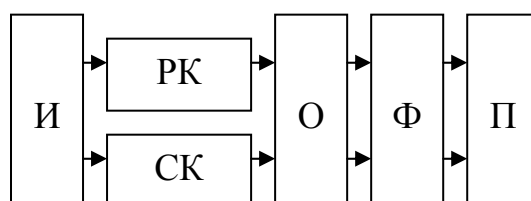


Рисунок 4.2 – Функциональная схема абсорбционного газоанализатора:
И – источник излучения; РК – рабочая кювета; СК – кювета сравнения; О – обтюратор;
Ф – светофильтр; П – приемник излучения

Газоанализатор для контроля ОГ любого типа, кроме измерительного блока, принцип работы которого изложен выше, также содержит и блок пробоподготовки. Он включает: газоотборный зонд, фильтр грубой очистки, охлаждающее устройство, определитель влаги, фильтр тонкой очистки, побудитель расхода [16].

В основе работы газоанализаторов для определения содержания оксидов азота в отработавших газах ДВС используется эффект излучения при

прохождении некоторых химических реакций (хемилюминесценция). В частности, для определения оксидов азота используется следующая реакция:

$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + \text{свет}$. Посредством измерения интенсивности свечения определяется концентрация NO_2 .

Для экспресс-контроля дымности отработавших газов (ОГ) передвижных источников с дизельными двигателями используются дымомеры, принцип работы которых основан на методе просвечивания ОГ. Измерение дымности проводится сравнительным методом по эталонному уровню дымности, который определяется коэффициентом пропускания светофильтра.

4.3.3 Оценка экологической безопасности МТП

В настоящее время выделяются пять категорий экологической безопасности в зависимости от ущерба, наносимого машиной человеку, животным и окружающей природной среде. При этом оценка безопасности проводится с применением, как специальных средств экологического контроля, так и с возможно более полным использованием общих существующих средств технической диагностики по специальным методикам [8].

В сфере производства тракторов установление категорий их экологической безопасности позволяет дифференцированно решать следующие задачи:

- сопоставление уровня экологического совершенства отечественных машин с лучшими зарубежными и оценка возможности их поставки на экспорт (основной прием – сопоставление величин экологических показателей машин с соответствующими зарубежными нормативами);
- выявление парка серийно выпускаемых машин, уже сегодня требующих модернизации, без которых их дальнейшее производство экологически нецелесообразно;
- выявление парка машин, которые должны быть сняты с производства (или заменены более совершенными) в ближайшее время;

- выявление машин, постройка, на производство которых явно нецелесообразна или же они подлежат срочному снятию с производства.

В сфере технической эксплуатации законодательное установление и контроль обеспечения категорий экологической безопасности машин позволяет повысить культуру технического сервиса машин организационными мерами, снизить уровень фактического травмирования окружающей среды.

Выделяется пять категорий экологической безопасности (ЭБ) тракторов и сельскохозяйственных машин:

1 Высшая или перспективная (коэффициент экологической опасности $K_{э0} < 0,90$). Машина по основным или большинству показателей удовлетворяет значениям перспективных или международных норм и пригодна для экспортных поставок [1]:

2 Хорошая ($K_{э0} < 0,95$). Техническое средство удовлетворяет всем экологическим требованиям отечественных стандартов, перспективно на внутреннем рынке;

3 Удовлетворительная ($K_{э0} < 1,2$). Машина может быть поставлена на производство, но в перспективе подлежит модернизации;

4 Неудовлетворительная ($K_{э0} = 1,2$). Машина не подлежит постройке на производство, требуется срочная модернизация или снятие ее с производства, после появления ей соответствующей замены;

5 Недопустимая ($K_{э0} > 1,2$). Требуется срочное снятие машины с производства.

Коэффициент экологической опасности можно представить в виде относительного коэффициента ухудшения суммы экологических параметров, отнесенных к их нормативным значениям. Например, при сертификации машин выражение для $K_{э0}$ можно записать в виде:

$$\begin{aligned} K_{э0} = & K_U \cdot U_{ki} / U_i + \sum K_{Ti} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{COki} / g_{COi} + \\ & + K_{CH} \cdot g_{CHki} / g_{CHi} + K_{NOx} \cdot g_{NOxki} / g_{NOxi} + K_{L1} \cdot L_{1к} / L_1 + \\ & + K_{L2} \cdot L_{2к} / L_2 + K_{L3} \cdot L_{3к} / L_3 + K_{L4} \cdot L_{4к} / L_4 + K_{отх}, \end{aligned} \quad (4.9)$$

где $K_{э0}$ – коэффициент весомости экологических параметров в общей экологической безопасности (таблица 4.4) при эксплуатации МТА в отношении

его воздействия на оператора, пашню, растительный и животный мир и механического разрушения почвы (K_{Ui}), загрязнения нефтепродуктами (K_{Ti}), дымности ОГ (K_{Ni}), выбросами окиси углерода (K_{COi}), углеводородов (K_{CHi}), окислов азота (K_{NOxi}), а также шума внутреннего (K_{L1}), внешнего (K_{L2}), вибраций, передаваемых на рабочее место оператора (K_{L3}) и на органы управления техническим средством (K_{L4});

$K_{отх}$ – весоность технологических отходов МТА;

U_{ki} , N_{ki} , g_{COki} , g_{CHki} , g_{NOxki} , $L_{1к} \dots L_{4к}$ – контрольные замеры соответственно механического разрушения почвы, концентрации выбросов углерода, углеводородов, окислов азота, шума внутреннего, внешнего, вибраций;

U_i , N_i , g_{COi} , g_{CHi} , g_{NOxi} , $L_1 \dots L_4$ – нормативные значения экологических параметров (приложение).

Для контроля ЭБ при эксплуатации тракторов и самоходной уборочной техники выражение (1) имеет следующий вид:

$$K_{э0} = K_F \cdot F_{ki} / F_i + \Sigma K_{Ti} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{L1} \cdot L_{1к} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2к} / L_2 + \quad (4.10) \\ + K_{L3} \cdot L_{3к} / L_3 + K_{L4} \cdot L_{4к} / L_4 + K_{отх},$$

где F_{ki} и F_i – удельное давление двигателями трактора на почву соответственно при испытании и рекомендуемое, кПа.

При использовании энергосредства в стационарных условиях, в местах с ограниченным воздухообменом, коэффициенты экологической безопасности рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{э0} = \Sigma K_{Ti} + K_N \cdot N_{Kx.x} / N_{x.x} + K_{CO} \cdot g_{COKx.x} / g_{COx.x} + \\ + K_{CH} \cdot g_{CHKx.x} / g_{CHx.x} + K_{L1} \cdot L_{1к} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2к} / L_2 + \quad (4.11) \\ + K_{L3} \cdot L_{3к} / L_3 + K_{L4} \cdot L_{4к} / L_4 + K_{отх},$$

где $N_{Kx.x}$, $g_{COKx.x}$, $g_{CHKx.x}$ – контрольные замеры дымности, концентрации окиси углерода и углеводородов соответственно в ОГ на холостых оборотах дизеля.

Таблица 4.4 – Коэффициенты весомости экологических показателей сельскохозяйственных машин [8]

Параметр	Обо- значе- ние	Ед. изм.	Гусеничные тракторы					
			Т-70	ДТ-75М	Т-150, Т-153	Т-4А, Т-403, ВТ-100, ВТ-120Д	Т-5	Т-250
1. Дымность ОГ	N	%	0,0200	0,0300	0,0350	0,0320	0,0250	0,0200
2. Концентрация окислов азота	g_{NOx}	г/кВт-ч	0,1500	0,1600	0,1700	0,1600	0,1800	0,1500
3. Концентрация оксида углерода	g_{CO}	г/кВт-ч	0,0100	0,0150	0,0180	0,0170	0,0150	0,0400
4. Концентрация углеводородов	g_{CH}	г/кВт-ч	0,0100	0,0160	0,0170	0,0180	0,0140	0,0140
5. Утечка топлива	g_T	кг/ч	0,0300	0,0300	0,0300	0,0200	0,0100	0,0200
6. Утечка моторного масла	g_{MM}	кг/ч	0,0300	0,0400	0,0400	0,0300	0,0200	0,0350
7. Утечка трансмиссионного масла	g_{MT}	кг/ч	0,0300	0,0400	0,0500	0,0450	0,0350	0,0200
8. Утечка гидравлического масла	g_{MG}	кг/ч	0,0400	0,0350	0,0360	0,0350	0,0200	0,0250
9. Удельное давление на почву	F	кПа	0,3000	0,3100	0,3200	0,3000	0,2800	0,0270
10. Шум внутренний	L_1	дБА	0,1700	0,1800	0,1700	0,1800	0,1500	0,1600
11. Шум внешний	L_2	дБА	0,0400	0,5000	0,0400	0,0300	0,0250	0,0200
12. Вибрация общая	L_3	дБ	0,2000	0,2500	0,1500	0,2300	0,2500	0,2100
13. Вибрация локальная	L_4	дБ	0,0900	0,0950	0,0920	0,0800	0,0700	0,0600
14. Экономичность топлива	g_{EV}	г/кВт-ч	0,0100	0,0200	0,0180	0,0170	0,0150	0,0100
15. Отходы технологические	$K_{отх}$	–	0,0300	0,0350	0,0300	0,0350	0,0280	0,0320
Параметр	Колесные тракторы							
	К-700А	К-701М	Т-150К	МТЗ-1221	МТЗ-80,82 МТЗ-100,102	Т-40, Т-40А	Т-28Ф, Т-25А, Т-16	
1. Дымность ОГ	0,0280	0,0300	0,0350	0,0200	0,0300	0,0150	0,0120	
2. Концентрация окислов азота	0,1600	0,1300	0,1700	0,2000	0,1500	0,1500	0,1500	
3. Концентрация оксида углерода	0,0120	0,0130	0,0100	0,0140	0,0160	0,0120	0,0110	
4. Концентрация углеводородов	0,0150	0,0160	0,0120	0,0100	0,0100	0,0110	0,0150	
5. Утечка топлива	0,0150	0,0210	0,0300	0,0300	0,0250	0,0160	0,0140	
6. Утечка моторного масла	0,0320	0,0310	0,0400	0,0250	0,0300	0,0150	0,0200	
7. Утечка трансмиссионного масла	0,0180	0,0300	0,0500	0,0280	0,0250	0,0200	0,0200	
8. Утечка гидравлического масла	0,0200	0,0320	0,0760	0,0350	0,0400	0,0300	0,0230	
9. Удельное давление на почву	0,2500	0,2500	0,3100	0,0300	0,3000	0,3000	0,3900	
10. Шум внутренний	0,1700	0,2000	0,1800	0,1700	0,1700	0,1400	0,1200	
11. Шум внешний	0,5000	0,0300	0,0400	0,0400	0,0400	0,0300	0,0310	
12. Вибрация общая	0,2200	0,2000	0,2500	0,2100	0,2500	0,0200	0,0300	
13. Вибрация локальная	0,0800	0,0910	0,0920	0,0800	0,0700	0,0500	0,0300	
14. Экономичность топлива	0,0200	0,0300	0,0180	0,0100	0,0100	0,0800	0,0500	
15. Отходы технологические	0,0200	0,0240	0,0300	0,0310	0,0300	0,0300	0,0300	
Параметр	Зерноуборочные комбайны и кормоуборочные машины							
	СК-5М, СК-6И	Дон-1500, Дон-1500Н, Дон-1200	КСК-100	КПС-5Г				
1. Дымность ОГ	0,0200	0,0350	0,0200	0,0300				
2. Концентрация окислов азота	0,0250	0,2100	0,2000	0,1500				
3. Концентрация оксида углерода	0,0150	0,0180	0,0150	0,0160				
4. Концентрация углеводородов	0,0100	0,0130	0,0150	0,0100				
5. Утечка топлива	0,0300	0,0200	0,02250	0,0250				
6. Утечка моторного масла	0,0250	0,0250	0,0130	0,0300				
7. Утечка трансмиссионного масла	0,0150	0,0300	0,0150	0,0250				
8. Утечка гидравлического масла	0,0200	0,0310	0,0300	0,0400				
9. Удельное давление на почву	0,4000	0,4400	0,4000	0,4000				
10. Шум внутренний	0,1500	0,1700	0,1500	0,1700				
11. Шум внешний	0,0300	0,0280	0,0200	0,0400				
12. Вибрация общая	0,2000	0,2300	0,2100	0,2500				
13. Вибрация локальная	0,0800	0,0600	0,0500	0,0800				
14. Экономичность топлива	0,0120	0,0110	0,0170	0,0100				
15. Отходы технологические	0,0200	0,0310	0,0300	0,0300				

Одним из критериев относительного экологического благополучия при эксплуатации МТА является недопущение МТА превышения удельного давления на почву ($F \leq 75$ кПа [1]).

Экспертную оценку влияния течей топливо-смазочных материалов (ТСМ), охлаждающих и тормозных жидкостей на загрязнение пашни и других земель представляют в следующих показателях:

- » $K = 0$ – при отсутствии каких-либо течей ТСМ, охлаждающих, тормозных жидкостей, смазок и т. п.;
- » $K = 0,1$ – при наличии первых признаков течей;
- » $K = 0,3$ – при видимом, хотя и редком каплепадении топлива из одного из соединений;
- » $K = 1,0$ – при видимом каплепадении в 2–3 соединениях.

К этим оценкам следует прибавить $K = 0,1$ – при появлении подтеков моторного, $K = 0,15$ – трансмиссионного и $K = 0,15$ – гидравлического масел.

Максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, самоходных прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, а также в производственных помещениях и территории предприятий не должны превышать 110 дБА [2].

Технологические отходы МТП предлагается ориентировочно оценивать следующим образом:

- $K_{отх} = 0$ – при функционировании служб ТО и ремонта МТП без нарушений правил и норм, без загрязнения территорий мастерских, машдвора, автогаража, стоянок, постов или пунктов ТО, проездов, территорий складов, а также самих полей и прилегающих к ним территорий, земельных участков, водоемов и т. п. отходами, металлом, отработавшими составными частями машин (особенно промасленными), битым стеклом, шинами, залитым маслом, топливом;
- $K_{отх} = 1$ – при захламлении и заливке территорий на 20–25 %;
- $K_{отх} = 2$ – при крайней степени захламления и заливке территорий и полей.

Общая токсичность ОГ двигателей в эксплуатации с ухудшением их технического состояния увеличивается не менее чем на 30 %, что требует всеохватывающего контроля двигателей МТП и автомобилей, измерение концентрации CO и CH_x карбюраторных ДВС и дымности дизелей с целью восстановления их технического состояния методами и средствами ТО и ТР.

Контроль акустических и вибрационных воздействий тракторов и сельскохозяйственных машин на оператора и население регламентирован системой стандартов безопасности труда.

4.3.4 Управление экологической безопасностью МТП

В процессе эксплуатации техническое состояние тракторов и сельскохозяйственных машин, как правило, ухудшается: снижаются показатели работоспособности (мощность, производительность и др.), увеличивается энергопотребление (т. е. уменьшается экономичность), ухудшаются другие параметры технического состояния, производственной и экологической безопасности (дымность и токсичность отработавших газов дизеля, уровень внешнего шума и уровень шума в кабине, уровень вибрации, эффективность работы тормозной системы и рулевого управления и др.). В этой связи необходимо при эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин не только контролировать параметры технического состояния, экологической безопасности (ЭБ) (таблицы 4.5–4.6), но и управлять этими параметрами (таблица 4.7).

Возможным путем обеспечения ЭБ тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники в настоящее время является комплексное решение экологических и экономических проблем, в основу которых должен быть положен эколого-экономический критерий. Сущность этого критерия состоит в оптимальном сочетании конструктивно-технологических мер при производстве и эксплуатации сельскохозяйственной машины, направленных на обеспечение производственной безопасности и минимально вредных воздействий этой машины на окружающую среду, также и экономических затрат на вы-

полнение вышеуказанных мер, и применение эффективной системы платежей и штрафных санкций к изготовителю и владельцу машины за наносимый вред окружающей среде в зависимости от размеров и видов источников загрязнений.

Для определения принадлежности машины к той или иной категории безопасности необходимо рассчитать суммарный вредный эффект от ее использования в денежном выражении с помощью обобщенного интегрального показателя экологической безопасности.

Признаки экологически безопасной и экономичной работы тракторного дизеля [8]:

- легкий запуск, работа без перебоев на всех скоростных режимах, в том числе при свободном ускорении коленчатого вала;
- бездымный выхлоп на холостом ходу прогретого двигателя, незначительное дымление при полной его загрузке;
- устойчивая работа 4-цилиндрового дизеля при 3 выключенных, а 6- и 8-цилиндровых – при 4 выключенных цилиндрах;
- соответствующий норме расход топлива на максимальных оборотах холостого хода;
- чистый дизель: отсутствие подтеканий масла и охлаждающей жидкости на блоке и на головках цилиндров, отсутствие масла в турбокомпрессоре (ТКР) и в выхлопной трубе, отсутствие подтеканий топлива на элементах топливной аппаратуры;
- отсутствие интенсивного выхода картерных газов из сапуна (маслозаливной горловины);
- интенсивный характерный звук (свист) работы ТКР, отслеживающий изменение скорости вращения и нагрузки дизеля; слышимый выбег ротора ТКР после остановки двигателя в течение не менее 8 с;
- нормальный уровень моторного масла (повышенный уровень вызывает увеличенный угар масла и повышенную токсичность ОГ);

- равномерное по всем цилиндрам снижение оборотов двигателя при отключении каждой форсунки или свечи зажигания;
- отсутствие сигналов о засоренности воздухоочистителя;
- отсутствие резкого запаха подгорания фрикционных накладок;
- отсутствие колебаний (тряски) двигателя, дребезга облицовки, кабины, оперения;
- нормальные показания КИП на щитке приборов, сигнализаторов на воздушном и масляном фильтрах; отсутствие аварийных сигналов;
- продолжительное вращение по инерции ротора РМЦ, ТКР после остановки двигателя;
- легкий ход машины по инерции при выключенной передаче обусловленный нормальной регулировкой тормозов, давления в шинах, схождением колес, исправностью силовой передачи.

Обязательные работы ТО, обуславливающие надежную, экономичную и экологически чистую работу машины [8]:

- периодический слив отстоя из топливного бака, фильтра-отстойника (60–100 час), фильтра тонкой очистки топлива (60–240 час). Экстренный слив отстоя при возникновении мутного топлива;
- периодическая очистка воздухоочистителя, топливных фильтров. После работы в запыленных условиях – внеплановая очистка воздухоочистителя или очистка по потребности по показаниям сигнализатора загрязненности;
- периодическая очистка реактивного центробежного маслоочистителя и других масляных фильтров (в силовой передаче, гидросистеме навесного механизма);
- устранение причин выделяющихся стуков механизма газораспределения;
- проверка и при необходимости восстановление уровня моторного масла, масла в силовой передаче;
- утепление дизеля, в т. ч. при температуре ниже +5 °С, не дожидаясь морозов, использование зимних сортов моторного масла и топлива, что уменьшает расход топлива на 200–300 кг на трактор за зиму; разогрев дизеля горячей

водой, горячим маслом, утепление радиатора, топливной аппаратуры экономит только на каждом пуске дизеля зимой до двух литров топлива;

- проверка и регулировка натяжения ремней вентилятора дизелей с воздушным охлаждением;
- заправка машины топливом через заливной фильтр (воронку с сеткой);
- снижение давления в шинах трактора до нижнего диапазона перед работой на поле и повышение давления перед транспортными работами;
- очистка машины от загрязнений, растений, химикатов.

Таблица 4.5 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности при выполнении различных сельскохозяйственных работ (почвообработка, посев, внесение удобрений и др.) [17]

Производственный участок	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
Рабочее место механизатора при выполнении различных сельскохозяйственных работ	Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», «Приз-2» и др.)
	Пары бензина и дизтоплива (углеводородные соединения)	мг/м ³	≤100	Газтестер КИ-28066
	Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
	Температура воздуха	°С	+18–20 (хол. период года) +21–23 (тепл. период года)	Метеометр БГТА-1 (термометр)
	Выбросы в воздух (загазованность): -сажа -СО, СН, NO ₂	% %	<15 ≤1	Дымомер КИД-2Д Газоанализатор ГИАМ-24.04
	Уровень радиации	мкр/ч	≤25	Дозиметр ДРГ-05М
	Тяжесть труда: прикладываемые усилия при подъеме заготовок	кгс	≤20	Динамометр электронный ДЭ-1
	Температура поверхности оборудования	°С	≤+70	Переносной цифровой термометр

Таблица 4.6 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности при работе на зерноуборочном комбайне [17]

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
Рабочее место комбайнера (в т. ч. при устранении неисправностей агрегатов комбайна)	Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», «Приз-2» и др.)
	Пары топливно-смазочных материалов (углеводородные соединения)	мг/м ³	≤100	Газтестер КИ-28066
	Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
	Масляный туман (аэрозоли масла) при устранении неисправностей ДВС	мг/м ³	≤5	Газтестер КИ-28066
	Загазованность: -сажа -СО, СН _x NO ₂	% %	<15 ≤1	Дымомер КИД-2М Газоанализатор «Палладий-3»
	Сквозняки (скорость движения воздуха)	м/с	≤0,3	Метеометр БГТА-1
	Температура воздуха	°С	18–20 (холодный период года) 21–23 (теплый период года)	Метеометр БГТА-1
	Относительная влажность	%	60–40	Метеометр БГТА-1
	Температура поверхности оборудования	°С	≤70	Переносной цифровой термометр НТЦ-3

Таблица 4.7 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности при техническом обслуживании и диагностировании тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин [17]

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1 Участок наружной мойки и очистки машины	1.1 Электробезопасность (при работе с мониторной моечной машиной или компрессором): - сопротивление заземляющих проводов - сопротивление изоляции электроустройств	Ом	<5,0	Омметр типа М372
		МОм	>0,5	Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
	1.2 Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	<6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», «Приз-2» и др.)
	1.3 Пары бензина и керосина (углеводородные соединения): - бензин-растворитель - бензин топливный - керосин - масла нефтяные		<300	Газтестер КИ-28066
			<100	
			<300	
			<5	
1.4 Выбросы в сточные воды: - карбонат натрия (кальцинированная сода); - гидроокись натрия (щелочь); - нефтепродукты	мг/л	<0,5	Экотест-110	
	мг/л	<0,5	Экотест-110	
	мг/л	<5	Экотест-110	
1.5 Шум	дБ	<85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024, Германия)	
1.6 Температура воздуха	°С	17–19°С (хол. период года) 20–22°С (тепл. период года)	Метеометр БГТА-1	

Продолжение таблицы 4.7

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1 Участок наружной мойки и очистки машины	1.7 Относительная влажность	%	60–40	Метеометр БГТА-1
	1.8 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	≤ 0,3 (хол. период года) ≤ 0,4 (тепл. период года)	Метеометр БГТА-1
2 Участок диагностики	2.1 Выбросы в воздух: -сажа -СО; СН; NO ₂ -пары бензина и диз-топлива	% %	<15 ≤1 см п. 1.3.	Дымомер КИД-2М Газоанализатор ГИАМ-27.04 Газтестер КИ-28066
	2.2 Выбросы в сточные воды: - нефтепродукты	мг/л	<5	Экотест-110
	2.3 Освещенность	лк	≥200 (при общем освещении) ≥300 (при комбинированном освещении)	Люксметр Ю-117, Аргус-01 (или аналогичные)
	2.4 Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024) (Германия)
	2.5 Электробезопасность (см. п. 1.1)	–	–	–
	2.6 Температура воздуха	°С	18–20°С (хол. период года) 21–23°С (тепл. период года)	Метеометр БГТА-1
	2.7 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	
	2.8 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	≤0,2 (хол. период года) ≤0,3 (тепл. период года)	Метеометр БГТА-1

Продолжение таблицы 4.7

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
3 Участок (рабочее место) сборочно-разборочных работ	3.1 Освещенность	лк	≥200 (при общем освещении) ≥300(при комбинированном освещении)	(см. п. 2.3)
	3.2 Пары бензина и керосина	–	(см. п. 1.3)	
	3.3 Шум		(см. п. 1.5)	
	3.4 Температура воздуха	°С	(см. п. 1.6)	
	3.5 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	
	3.6 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	(см. п. 1.8)	
4 Участок (рабочее место) ТО топливной аппаратуры и гидросистемы	4.1 Масляный туман (аэрозоли масел)	мг/м3	≤5	Газтестер КИ-28066
	4.2 Пары бензина и дизтоплива	%	(см. п. 1.3)	(см. п. 1.3)
	4.3 Углеводородные соединения	%	(см. п. 1.3)	Газтестер КИ-28066
	4.4 Освещенность	лк	≥300 (при общем освещении) ≥750 (при комбинированном освещении)	Люксметр Ю-117, Аргус-01 (или аналогичные)
	4.5 Уровень шума	дБ	(см. п. 1:5)	–
	4.6 Электробезопасность	–	(см. п. 1.1)	–
	4.7 Температура воздуха	°С	(см. п. 2.6)	–
	4.8 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	–
	4.9 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	(см. п. 2.8)	–

Окончание таблицы 4.7

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
5 Участок (рабочее место) ТО электрооборудования (в т. ч. аккумуляторных батарей)	5.1 Пары: серной кислоты	мг/м ³	≤1	Газтестер КИ-28066
	щелочи	мг/м ³	≤0,5	
	5.2 Водородные соединения	мг/м ³	≤0,5	Газоанализатор водорода УСГ-4
	5.3 Электробезопасность	–	(см. п. 1.1)	–
	5.4 Пары: -ацетона	мг/м ³	≤200	–
	-толуола	мг/м ³	≤50	
	-ксилола	мг/м ³	≤50	
	5.5 Освещенность	лк	(см. п. 4.4)	–
	5.6 Шум	–	(см. п. 1.5)	–
5.7 Температура воздуха	°С	(см. п. 2.6)	–	
5.8 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	–	
5.9 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	(см. п. 2.8)	–	
6 Рабочее место ТО и ремонта шин и камер	6.1 Углеводородные соединения	%	(см. п. 1.3)	–
	6.2 Сажа	%	(см. п. 2.1)	–
	6.3 Шум		(см. п. 1.5)	–
	6.4 Температура воздуха	°С	(см. п. 2.6)	–
	6.5 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	–
	6.6 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	(см. п. 2.8)	–
7 Рабочее место заправки ГСМ	7.1 Пары топливосмазочных материалов	мг/м ³	(см. п. 1.3)	Газтестер КИ-28066
	7.2 Углеводородные соединения	–	(см. п. 1.3)	–
	7.3 Электробезопасность	%	(см. п. 1.1)	–
	7.4 Шум		(см. п. 1.5)	–
	7.5 Температура воздуха	°С	(см. п. 2.6)	–
	7.6 Относительная влажность	%	(см. п. 1.7)	–
	7.7 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	(см. п. 2.8)	–

5 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ АПК

5.1 Оценка качества окружающей среды

Качество окружающей среды — это степень соответствия природных условий физиологическим возможностям человека [4]. Различают окружающую природную среду здоровую или комфортную, при которой здоровье у человека в норме, и нездоровую, при которой нарушается состояние здоровья. Когда при взаимодействии человека со средой наблюдаются необратимые изменения состояния здоровья, то такая среда называется экстремальной. Для сохранения здоровья населения необходимо следить за качеством окружающей среды (ОС), знать стандарты качества ОС (экологические и производственно-хозяйственные).

Экологические стандарты [4] устанавливают предельно допустимые нормы антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которых несет опасность здоровью человека, губительно для растительности и животных. Данные нормы приводятся в виде предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК) и предельно допустимых уровней вредного физического воздействия (ПДУ).

ПДК — это количество вредного вещества в окружающей среде, отнесенное к массе или объему ее конкретного компонента, которое при постоянном контакте или при воздействии в отдельный промежуток времени практически не оказывает влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства [4].

Предельно допустимыми уровнями вредного физического воздействия (ПДУ) оперируют для шумового и электромагнитного загрязнения.

Производственно-хозяйственные стандарты качества окружающей среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственных объектов и включают: предельно допустимый выброс загрязняющих ве-

ществ в окружающую среду (ПДВ) и предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы конкретными источниками (предприятиями).

Около 2 млн. тонн веществ, не считая минеральных удобрений, ежегодно попадают в биосферу. Меньше предельно допустимой может быть концентрация любого из этих веществ, но их совместное присутствие вызывает такой же эффект, как и при их содержании превышающем ПДК. Это явление называется *эффектом суммации действия*. Подобным эффектом обладают следующие сочетания вредных веществ: ацетон-фенол, сернистый газ-фенол, сернистый газ-сероводород и др. [4]. В таких случаях необходимо выполнение следующего условия:

$$\frac{\tilde{N}_1}{\tilde{P}ÄÊ_1} + \frac{\tilde{N}_2}{\tilde{P}ÄÊ_2} + \dots + \frac{\tilde{N}_n}{\tilde{P}ÄÊ_n} \leq 1, \quad (5.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в окружающей среде;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации этих вредных веществ в окружающей среде.

Выбросы становятся опасными для здоровья человека, если при расчете сумма будет больше единицы.

Мероприятия по улучшению качества окружающей среды (технологические, архитектурно-планировочные, инженерно-организационные и эколого-экономические) разрабатываются на каждом предприятии, в каждом населенном пункте.

Если для данного территориально-производственного комплекса определены предельно допустимая техногенная нагрузка (ПДТН), суммарные и дифференцированные по источникам ПДВ и ПДС, то обратная связь для принятия решений определяется оценкой выбросов. В противном случае, когда используются временно согласованные нормативы, большое значение для принятия решений приобретает оценка экологического ущерба. Следует также иметь в виду, что принятие решений не ограничивается только воздействиями на технологические процессы или средства очистки, а предполагает

перераспределение и перемещение мощности источников, замену технологии, увеличение санитарно-защитной зоны, отселение людей из зоны активного влияния источника и т. д. При этом одной из центральных процедур контроля экологической регламентации остается оценка воздействий хозяйственной деятельности на окружающую среду.

5.2 Нормирование загрязняющих веществ в окружающей среде

5.2.1 Общие требования

Определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды имеют санитарно-гигиенические нормативы, направленные в первую очередь на профилактику неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на здоровье человека. Они устанавливаются в законодательном порядке и обязательны для исполнения всеми ведомствами и организациями.

Норматив качества окружающей среды носит конкретный характер и основан на следующих признаках [4]:

- характеристике объекта защиты, например, древесные растения, технологическое оборудование, человек и т. д.;
- среды, в которых нормируется и контролируется содержание вещества (воздух, вода, почва, биосубстраты человека (кровь, моча, волосы и т. д.);
- критерии вредности (появление заболеваний в разных формах у человека, включая потомство; снижение продуктивности, пищевой ценности растений; выход из строя технологического оборудования и т. д.);
- регламентируемой временной характеристике (воздействие в течение всей жизни человека, в короткий промежуток времени, например, в аварийных ситуациях);
- последствию или «цене» норматива, к которым может привести отсутствие или превышение допустимого уровня.

Гигиенические ПДК являются основным критерием качества окружающей среды и используются для оценки опасности экологической обстановки,

расчета предельно допустимых выбросов и сбросов (ПДВ и ПДС), установления связи загрязнения окружающей среды с риском развития нарушения здоровья населения. Гигиенические нормативы устанавливаются отдельно для каждого объекта или используется принцип разделения объектов санитарной охраны. При нормировании химических соединений в тех или иных объектах учитываются различные виды неблагоприятных воздействий: влияние на органолептические показатели (внешний вид, запах, привкус и др.), рефлекторное действие, влияние на общесанитарные показатели (изменение численности сапрофитной микрофлоры, ее состав и др.), на возможность миграции из одной среды в другую (переход вещества или его метаболита из почвы в воду, воздух, растения), санитарно-бытовой (изменение прозрачности атмосферы, бытовых условий проживания и т. д.), санитарно-токсикологический.

Наряду с гигиеническими ПДК нормируется содержание вредных веществ в кормах, химический состав ирригационных вод, устанавливаются ПДК химических соединений в сточных водах, подаваемых на сооружения по биологической очистке, разрабатываются ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Установление окончательной величины ПДК проводится на основе принципа лимитирующего показателя вредности, в соответствии с которым величина норматива выбирается на уровне меньшей из значений концентрации, установленных по различным критериям вредности или используется принцип учета «слабого звена».

5.2.2 Нормирование атмосферных загрязнений

Методологические основы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений включают следующие положения [4]:

1. Допустимой признается только та концентрация химического вещества в атмосфере, которая не оказывает на человека прямого или косвенного

вредного либо неприятного действия, не влияет на самочувствие и работоспособность.

2. Привыкание к вредным веществам, находящимся в атмосферном воздухе, рассматривается как неблагоприятный эффект.

3. Концентрация химических веществ в атмосфере, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения, считается недопустимой.

Таблица 5.1 – Максимально-разовые ПДК загрязнителей воздуха

Загрязнитель	Максимально-разовые ПДК загрязнителей воздуха, мг/м ³		
	для человека	для растений	для биосферы
Сернистый газ	0,5	0,02	0,02
Аммиак	0,2	0,05	0,05
Двуокись азота	0,085	0,02	0,02
Хлор	0,1	0,025	0,025
Сероводород	0,008	0,02	0,008
Метанол	1,0	0,2	0,2
Бензол	1,5	0,1	0,1
Формальдегид	0,035	0,02	0,02
Циклогексан	1,4	0,2	0,2
Пары H ₂ SO ₄	0,3	0,1	0,1
Окись углерода	3,0	4000,0	3,0

Устанавливаются два значения норматива: максимально разовая и среднесуточная ПДК.

Максимально-разовая ПДК (таблица 5.1), где время осреднения пробы составляет 20–30 минут, направлена на предупреждение рефлекторных реакций (ощущение запаха, насморк и др.), связанных с пиковыми, кратковременными подъемами концентраций вредного вещества [4].

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфический эффект.

На основе расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, создаваемых источником выбросов, устанавливаются предельно допустимые выбросы веществ, переносимые воздушными потоками от стационарных источников.

ПДВ, являясь научно-техническим нормативом, устанавливается для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него, с учетом их рассеивания и превращений, не создадут приземных концентраций, превышающих установленные нормативы качества воздуха. Критериями качества воздуха, используемыми при расчетах, является предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному. Мерой нагретости газовой смеси служит разность температур (ΔT) выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха [18]:

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}}, \quad (5.2)$$

где T_{Γ} – температура газовой смеси, град.;

$T_{\text{в}}$ – температура окружающего, воздуха, град.

Скорость перемещения температурного фронта (V_{Γ}) определяется по следующим формулам:

$$V_{\Gamma} = 0,65 W_1 \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{H}}, \quad \text{при } \Delta T \leq T_{\text{в}}; \quad (5.3)$$

$$V_{\Gamma} = 1,3 V_y \frac{\ddot{A}}{I}, \quad \text{при } \Delta T > T_{\text{в}}, \quad (5.4)$$

где W_1 – объем газовой смеси выброса, м³/с;

H – высота источника выброса, м;

D – диаметр устья источника выброса, м;

V_y – скорость выхода смеси из устья, м/с.

$$V_y = \frac{L \cdot W_1}{3,14 \times \ddot{A}^2}. \quad (5.5)$$

Ускорение перемещения фронта охлаждения смеси (м/с², град) учитывается параметром f :

$$f = \frac{V_{\dot{o}}^2 \times \ddot{A} \times 10^3}{H^2 \Delta \dot{O}}. \quad (5.6)$$

Выбросы, для которых $f \geq 100$ относятся к холодным, при $f < 100$ – к нагретым.

Величина опасной скорости ветра ($V_{оп}$) на уровне замера (обычно 10 м от уровня земли), при которой имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе определяется, исходя из следующих соотношений:

$$\begin{aligned} V_{оп} &= 0,5 \text{ м/с при } V_T \leq 0,5, \text{ а } \Delta T > T_B; \\ V_{оп} &= V_T \text{ при } 0,5 < V_T \leq 2, \text{ а } \Delta T > T_B; \\ V_{оп} &= V_T (1 + 0,12f) \text{ при } V_T > 2, \text{ а } \Delta T > T_B; \\ V_{оп} &= 2,2V_T \text{ при } V_T > 2, \text{ а } \Delta T < T_B; \end{aligned}$$

Для определения условий выхода газозвушной смеси из устья источника выброса вводятся безразмерные коэффициенты m и n :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f}} + 0,34\sqrt[3]{f}; \quad (5.7)$$

$$n = 3 \text{ (при } V_T \leq 0,3);$$

$$n = 3 - (V_T - 0,3) \cdot (4,34 - V_T) \text{ (при } 0,3 < V_T \leq 2);$$

$$n = 1 \text{ (при } V_T > 2).$$

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (C_{max}) одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой газозвушной смеси при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле:

$$C_{i\text{ао}} = \frac{AMFmn\eta}{H^2\sqrt[3]{W_1\Delta T}}, \quad (5.8)$$

где A – коэффициент, характеризующий неблагоприятные климатические условия (для Республики Беларусь $A = 120$);

M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий интенсивность оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, когда скорость упорядоченного оседания наи-

более крупных фракций не превышает 3–5 см/с $F = 1$); для крупнодисперсной пыли и золы: при степени очистки более 90 % $F = 2$, при степени очистки 75–90 % $F = 2,5$; при степени очистки менее 75 % $F = 3$; если выбросы пыли сопровождаются выделением водяного пара и его конденсацией и коагуляцией пылевых частиц $F = 3$; η – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (C_{\max}) для выброса холодной газовой смеси из круглого устья одиночного источника при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле:

$$C_{\max} = \frac{AMFn\eta}{H^3\sqrt{H}} \cdot \frac{D}{8\sqrt{W_1}}, \quad (5.9)$$

Расстояние от источника выброса (L_T), на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества, находится из следующих соотношений:

$$L_T = d \cdot H, \quad (\text{при } F < 2);$$

$$L_T = \frac{5-F}{4 \cdot dH}, \quad (\text{при } F \geq 2).$$

При расчете ПДВ учитывают фоновые концентрации вредных веществ в воздухе C_{ϕ} и остальных источников загрязнения C , сумма которых должна быть меньше или равна ПДК, т. е.

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}. \quad (5.10)$$

При совместном присутствии в воздухе несколько веществ со своими значениями ПДК с концентрацией C_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) их суммарная концентрация должна удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (5.11)$$

Следует учитывать, что 2/3 всех нормированных веществ ПДК в атмосферном воздухе установлены на основе их рефлекторного действия (пороги запаха или рефлекторного действия). Последствия превышения ПДК некото-

рых веществ могут ограничиваться появлением жалоб населения на посторонние запахи, а риск развития токсических воздействий при этом будет незначительным.

Для выбросов нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем или группы близко расположенных одинаковых источников, в случаях, когда фоновая концентрация (C_{ϕ}) рассматриваемой примеси установлена независимой от направления и скорости ветра и постоянной по всей территории промплощадки принимаем $C_{\phi} = C_{\max}$.

Расчет ПДВ (г/с) для источника нагретых выбросов:

$$\hat{A}_{\delta.i} = \frac{(\hat{E} - \tilde{N}_{\delta}) H^2 \sqrt[3]{W_1 \Delta T}}{A F m n r} \quad (5.12)$$

Величина ПДВ для случая холодной газовой смеси определяется по следующей формуле:

$$\hat{A}_{\delta.x} = \frac{(\hat{E} - \tilde{N}_{\delta}) H^2 \sqrt[3]{H 8 W_1}}{A F n r \tilde{A}}. \quad (5.13)$$

Величина ПДВ устанавливается для конкретного источника и вещества.

Для веществ I и II классов опасность достижения токсических концентраций при превышении ПДК наиболее высока. Существует правило [4]: если раздражающее (рефлекторное) действие токсиканта начинается при более низкой концентрации, т. е. раньше, чем резорбтивное, то максимально разовая предельно допустимая концентрация (ПДК_{м.р.}) равняется среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК_{с.с.}) или ПДК_{м.р.} = ПДК_{с.с.}. При более низкой же концентрации начинается отравляющее (токсическое) действие, а ПДК_{м.р.} превышает ПДК_{с.с.} в 2–10 раз. Для особо опасных веществ, а также для веществ, порог токсического воздействия которых на организм пока неизвестен, существуют только максимальные разовые ПДК. Для всех нормируемых веществ только максимальные разовые ПДК устанавливаются для условий производственных помещений.

При нормировании уровней загрязнения воздуха в рабочих зонах и населенных пунктах должно соблюдаться условие для пребывания человека в любых местах, при котором концентрация (C) \leq ПДК.

Для каждого вредного вещества устанавливается несколько максимальных разовых предельно допустимых концентраций в воздушной среде. Например, одно значение ПДК устанавливается в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}), под которой понимают пространство в двух метрах от пола, где находятся места постоянного или временного пребывания работающих, другое – в атмосферном воздухе населенного пункта (ПДК_{а.в.}). ПДК_{р.з.} – это концентрация, которая при ежедневной, кроме выходных дней, работе в течение 8 часов или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа, не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. При нормировании загрязняющих веществ учитывается время пребывания людей в зоне загрязнения, а это связано с возможностью хронических и острых отравлений. На территории предприятия норма содержания примесей снижается втрое. Это вызвано тем, что воздух территории предприятия используется для вентиляции производственных помещений, где концентрация примесей периодически может быть высокой, превышать ПДК_{р.з.} Отсюда следует, что приточный воздух, который используется для проветривания рабочих помещений, должен быть значительно менее загрязненным.

ПДК_{а.в.} – максимальная концентрация примеси, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, в том числе и на окружающую среду в целом. Таким образом, ПДК_{р.з.} безвредна только для ограниченного пребывания человека в загрязненной зоне, например 8 часов и только в течение рабочего стажа, а ПДК_{а.в.} не должна лимитировать состояние организма в течение всей жизни человека при неограни-

ченном по времени вдыхании загрязняющего вещества [4]. Следовательно, необходимость раздельного нормирования загрязняющих веществ в воздухе определяется *законом толерантности*. На предприятии в течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат практически здоровые люди, прошедшие медицинское освидетельствование, в населенных же пунктах круглосуточно находятся не только взрослые, но и пожилые люди, дети, беременные и кормящие женщины, люди, страдающие заболеваниями дыхательной, сердечно-сосудистой систем. Поэтому $ПДК_{р.з.} > ПДК_{а.в.}$. Так, для диоксида серы $ПДК_{р.з.} = 10 \text{ мг/м}^3$, а $ПДК_{а.в.} = 0,5 \text{ мг/м}^3$. Концентрации вредных веществ с учетом рассеивания не должны превышать [4]:

- в воздухе на территории предприятия 30 % от $ПДК_{р.з.}$ ($ПДК_{п.п.} \leq 0,3 ПДК_{р.з.}$);
- в воздухе населенных пунктов – $ПДК_{м.р.}$ и $ПДК_{с.с.}$;
- в воздухе населенных пунктов с населением более 200 тыс. человек и в курортных зонах – 80 % от $ПДК_{м.р.}$.

5.2.3 Нормирование загрязняющих веществ в водной среде

Особенности нормирования химических веществ в водной среде обусловлены следующими факторами [4].

1. С гигиенических позиций оценивается уровень загрязнения воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

2. Нормативы качества воды распространяются не на весь водный объект, а только на пункты водопользования населения.

3. Вода используется населением не только для питья, приготовления пищи, личной гигиены, но и для хозяйственно-бытовых и рекреационных целей. Отсюда при нормировании учитывается непосредственное влияние химических загрязнителей на организм (санитарно-токсикологический показатель вредности), а также их влияние на органолептические свойства воды и

процессы самоочищения воды водоемов (органолептический и общесанитарный показатель вредности).

4. Для водных объектов, используемых населением (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения), устанавливаются единые гигиенические нормативы (ПДК, ПДН).

Основным нормативным требованием к качеству воды в водном объекте является соблюдение установленных предельно допустимых концентраций или группы экологических стандартов, оценивающих состояние водной экосистемы и качество воды с точки зрения ее опасности или безопасности для здоровья людей.

ПДК вредных веществ в водном объекте – это такая концентрация, при превышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования [4].

Таблица 5.2 – Предельно допустимые концентрации веществ в воде водоемов

Соединение	Лимитирующий показатель	Класс опасности	ПДК для водоемов, мг/л	
			культурно-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования	рыбохозяйственного водопользования
Ацетон	Общесанитарный	3	2,2	–
Бензол	Санитарно-токсиколог.	2	0,54	0,05
Фенол	Органолептический	4	0,001	0,001
Аммиак	Санитарно-токсиколог.	3	2,0	0,05
Формальдегид	Санитарно-токсиколог.	2	0,05	–

Состав и свойства воды в водных объектах должны соответствовать нормативам в створе или поперечном сечении, заложенном на водотоках – в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (хозяйственно-питьевое водоснабжение, место купания, организованный отдых, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах – в радиусе 1 км от пункта водопользования.

Для веществ, загрязняющих воду, так же, как для примесей в атмосферном воздухе, установлено отдельное нормирование качества воды. Однако

принцип разделения здесь связан с приоритетным назначением водного объекта или *категориями* водопользования.

Для обеспечения чистоты водных объектов используется другой ограничительный норматив – лимитирующий показатель вредности, не имеющий количественной характеристики, но отражающий приоритетность требований к качеству воды в тех случаях, когда водный объект имеет многофункциональное назначение.

В основу приоритетности нормирования воды в водных объектах культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения положены преимущественно санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический лимиты, а в рыбохозяйственных – токсикологический и отчасти органолептический.

Загрязнение воды связано не только с присутствием в ней токсичных или дурнопахнущих веществ, но и с изменением ряда других физико-химических показателей, таких, как содержание взвешенных веществ, минеральный состав, растворенный кислород, температура, pH и др. В створах водопользования состав и свойства воды ни по одному из названных показателей не должны превышать установленный норматив. При использовании водного объекта для различных нужд приоритетными являются более жесткие требования в ряду одноименных показателей. Главным с гигиенических позиций требованием к качеству питьевой воды является ее безопасность в эпидемическом отношении.

Санитарное состояние водоема отвечает требованиям норм при выполнении неравенства [4]:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\tilde{N}_i}{C_i} \leq 1, \quad (5.14)$$

где n – число вредных веществ в водоеме, относящихся, например, к «санитарно-токсикологической» группе вредных веществ;

C_i – концентрация i -го вещества из данной группы вредных веществ;

m – номер группы вредных веществ, например, $m = 1$ – для «санитарно-токсикологической» группы вредных веществ, $m = 2$ – для «общесанитарной» группы вредных веществ и т. д.

При преобладании одного вредного вещества с концентрацией C в группе вредных веществ данного ЛПВ должно выполняться требование

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}. \quad (5.15)$$

Для самих сточных вод ПДК не нормируются, а определяются предельно допустимые количества сброса вредных примесей (ПДС).

Запрещено сбрасывать в водоемы сточные воды, если: существует возможность повторного использования одной и той же воды в технологическом процессе; стоки содержат ценные отходы, которые возможно утилизировать; стоки содержат сырье, реагенты и продукцию производства в количествах, превышающих технологические потери; сточные воды содержат вещества, для которых не установлены ПДК [10].

Режим сброса может быть единовременным, периодическим, непрерывным с переменным расходом, случайным.

Одной из задач регулирования качества вод в водоемах является задача определения допустимого состава сточных вод, то есть того максимального содержания вредного вещества (веществ) в стоках, которое после сброса еще не даст превышения концентрации вредного вещества в водах водоема над ПДК данного вредного вещества.

Уравнение баланса растворенной примеси при сбросе ее в водоток (реку) с учетом начального разбавления в створе выпуска [19]:

$$C_{\text{ст}} = [n_{\text{р.с.}} (C_{\text{р.с.}} - C_{\phi}) + C_{\phi}], \quad (5.15)$$

где $C_{\text{ст}}$, $C_{\text{р.с.}}$, C_{ϕ} – концентрации примеси в сточных водах до выпуска в водоем, в расчетном створе и фоновая концентрация примеси, мг/кг;

n_0 и $n_{\text{р.с.}}$ – кратность разбавления сточных вод в створе выпуска (начальное разбавление) и в расчетном створе.

Начальное разбавление сточных вод в створе их выпуска

$$n_0 = \frac{Q_0 + q}{q}, \quad (5.16)$$

где $Q_0 = LHV$ – часть расхода водостока, протекающая над рассеивающим выпуском, имеющим, положим, вид перфорированной трубы, уложенной на дно, м³/с;

q – расход сточных вод, м³/с;

L – длина рассеивающего выпуска (перфорированной трубы), м;

H, V – средние глубина и скорость потока над выпуском, м и м/с.

После подстановки (5.16) в (5.15)

$$\tilde{N}_{c\delta} = \frac{LHV + q}{q} [n_{p.c.} (C_{p.c.} - C_{\delta}) + C_{\delta}]. \quad (5.17)$$

При $LHV \gg q$

$$C_{c\delta} = \frac{LHV}{q} [n_{p.c.} (C_{p.c.} - C_{\delta}) + C_{\delta}]. \quad (5.18)$$

По ходу водостока струя сточной воды расширяется (за счет диффузии, турбулентной и молекулярной), вследствие чего в струе происходит перемешивание сточной воды с водой водотока, возрастание кратности разбавления вредной примеси и постоянное уменьшение ее концентрации в струе перемешанной воды. В конечном счете, створ (сечение) струи расширится до створа водотока. В этом месте водотока (где створ загрязненной струи совпал со створом водотока) достигается максимально возможное для данного водотока разбавление вредной примеси. В зависимости от величин кратности начального разбавления, ширины, скорости, извилистости и других характеристик водотока концентрация вредной примеси ($C_{p.c.}$) может достигнуть значения ее ПДК в разных створах загрязненной струи. Чем раньше это произойдет, тем меньший участок (объем) водотока будет загрязнен вредной примесью выше нормы (выше ПДК). Понятно, что самый подходящий вариант – когда условие (5.15) обеспечивается уже в самом месте выпуска, и, таким образом, размеры загрязненного участка водотока будут сведены к нулю. Этот вариант соответствует условию выпуска стоков в водоток вне населенного

пункта. Нормативное разбавление до ПДК в створе выпуска требуется и для водотоков, если выпуск осуществляется в черте населенного пункта.

В этом случае, учитывая, что для створа выпуска $n_{pc} = 1$, а также подставив в (5.17) $C_{pc} = \text{ПДК}$, получим

$$C_{cm} = \frac{BHV + q}{q} \quad \text{ПДК} = \frac{Q + q}{q} \text{ПДК}, \quad (5.19)$$

где B и H – эффективные ширина и глубина водотока;

$Q = BHV$ – расход воды водотока.

Уравнение (5.19) означает, что при максимальном использовании разбавительной способности водотока (расхода водотока) максимально возможную концентрацию вредного вещества в сбрасываемых сточных водах можно допустить равной

$$\frac{Q + q}{q} \text{ПДК} = \frac{Q}{q} \text{ПДК}. \quad (5.20)$$

Если для целей разбавления стоков возможно использование только части расхода воды водотока, например, $0,2Q$, то требования к очистке стоков от данного вредного вещества повышаются, так как максимально допустимая концентрация вредности в стоках уменьшается при этом в 5 раз: $0,2Q \text{ПДК}$. При этом величина qC_{cm} , равная в первом случае $qQ/q \times \text{ПДК} = Q \times \text{ПДК}$, а во втором $(q0,2Q - \text{ПДК})/q = 0,2Q \times \text{ПДК}$ должна рассматриваться как предельно допустимый сброс (ПДС) данной вредности в водоток, г/с [10]. При превышении данных величин ПДС ($Q \times \text{ПДК}$ и $0,2Q \times \text{ПДК}$, г/с) концентрация вредного вещества в водах водотока превысит ПДК.

На изложенных принципах основывается регулирование качества воды в водотоках при сбросе в них взвешенных, органических веществ, а так же вод, нагретых в системах охлаждения предприятий [10].

Условия смешения сточных вод с водой озер и водохранилищ значительно отличаются от условий их смешения в водотоках – реках и каналах. Полное перемешивание стоков и вод водоема достигается на существенно больших расстояниях от места выпуска.

5.2.4 Нормирование загрязняющих веществ в почве

Основные требования к нормированию содержания вредных веществ в почве следующие [10]:

1. Нормативы основываются на данных, полученных в экстремальных почвенно-климатических условиях с учетом влияния на процессы самоочищения и микробиоценоза.

2. Гигиенические нормативы устанавливаются с учетом лимитирующего показателя вредности: общесанитарного, миграционного водного, воздушно-го (переход из почвы в воздух или воду), органолептического, фитоаккумуляционного (переход и накопление в растениях) и санитарно-токсикологического. Санитарно-токсикологический норматив учитывает возможность поступления веществ, содержащихся в почве, в организм человека одновременно несколькими путями: с пылью, вдыхаемым атмосферным воздухом, питьевой водой, продуктами питания и др.

3. Экспериментально обоснованную ПДК следует рассматривать как эталонную величину отсчета, используемую для оценки опасности загрязнения почвы в конкретных почвенно-климатических условиях.

Нормирование загрязняющих веществ в почве проводят по трем направлениям:

1. Нормирование содержания пестицидов в пахотном слое почвы сельскохозяйственных угодий.

2. Нормирование накопления токсичных веществ на территории предприятия.

3. Нормирование загрязненности почвы в жилых районах, главным образом в местах временного хранения бытовых отходов.

Загрязняющие вещества в пахотном слое почвы нормируются по двум показателям: предельно допустимым (ПДК_п) и временно допустимым концентрациям (ВДК_п).

Предельно допустимые концентрации загрязняющего вещества в почве – это максимальное его количество (мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни [10].

ПДК_п устанавливаются, используя данные о фоновых концентрациях загрязняющих веществ, их физико-химических свойствах, параметрах стойкости, токсичности. При этом устанавливают:

- допустимую концентрацию загрязняющего вещества в почве, при которой его содержание в пищевых и кормовых растениях не превысит некоторых допустимых остаточных количеств (ДОК) или ПДК в продуктах питания (ПДК_{пр});
- допустимую (для летучих веществ) концентрацию, при которой поступление вещества в воздух не превысит установленных ПДК для атмосферного воздуха (ПДК_{а.в.});
- допустимую концентрацию, при которой поступление вещества в грунтовые воды не превысит ПДК для водных объектов;
- допустимую концентрацию, которая не влияет на микроорганизмы и процессы самоочищения почвы.

Гигиеническое нормирование предусматривает обоснование пороговых концентраций загрязняющих веществ по шести показателям вредности: органолептическому (изменение запаха, привкуса, пищевой ценности фитотест-растений, а также запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха воды); общесанитарному (влияние на процессы самоочищения почвы); фитоаккумуляционному (транслокационному); водно-миграционному, воздушно-миграционному, санитарно-токсикологическому.

Санитарные нормы допустимых концентраций некоторых химических веществ в почве приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве

Вещество	ПДК, мг/кг почвы	Лимитирующий показатель
	Подвижная форма	
Кобальт	5,0	общесанитарный
Фтор	2,8	транслокационный
Хром	6,0	общесанитарный
	Водорастворимая форма	
Фтор	10,0	транслокационный
	Валовое содержание	
Бенз(а)пирен	0,02	общесанитарный
Ксилолы (орто-, мета-, пара-)	0,3	транслокационный
Мышьяк	2,0	то же
Отходы флотации угля	3000,0	водный и общесанитарный
Ртуть	2,0	транслокационный
Свинец	32,0	общесанитарный
Свинец + ртуть	20,0 + 1,0	транслокационный
Сернистые соединения (S):		
- элементарная сера	160,0	общесанитарный
- сероводород	0,4	воздушный
-серная кислота	160,0	общесанитарный
Стирол	0,1	воздушный
Формальдегид	7,0	то же
Хлористый калий	560,0	водный
Хром	0,05	общесанитарный
Ацетальдегид	10,0	миграционно-воздушный
Изопропилбензол + + Альфаметилстирол	0,5	то же
Суперфосфат (P ₂ O ₅)	200	переход в растения

Более жесткому нормированию подвергаются почвы на содержание в них пестицидов (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Предельно допустимые концентрации пестицидов в почве [10]

Наименование пестицида	ПДК, мг/кг почвы	Лимитирующий показатель
Актеллик	0,5	Транслокационный
Актеллик	0,1	Общесанитарный (для почв с pH = 5,5)
Атразин	0,5	Транслокационный
Бетанал	0,25	Транслокационный
Волатон	1,0	Транслокационный и миграционно-воздушный
Гамма-изомер ГХЦГ	0,1	Транслокационный
2,4-ДА	0,25	Транслокационный
Золон	0,5	Транслокационный
Карбофос	2,0	Транслокационный
Метафос	0,1	Транслокационный

Наименование пестицида	ПДК, мг/кг почвы	Лимитирующий показатель
Прометрин	0,5	Транслокационный
Раундап	0,5	Транслокационный
Семерон	0,1	Водомиграционный
Симазин	0,2	Транслокационный
Фосфамид	0,3	Транслокационный
Цинеб	0,2	Общесанитарный
Эптам	0,9	Транслокационный

Санитарное состояние почвы оценивается по ряду гигиенических показателей, среди них такие, как санитарное число (отношение содержания белкового азота к общему органическому), наличие кишечной палочки (колититр) личинок мух, яиц гельминтов. По комплексу данных показателей почва оценивается как чистая или загрязненная.

5.3 Категории опасности предприятий в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых ЗВ

Лимиты (объемы) выбросов ЗВ устанавливаются по областям и городу Минску Советом Министров Республики Беларусь по представлению Министерства экономики и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Облисполкомы (райисполкомы) разрабатывают и утверждают лимиты допустимых выбросов по каждому объекту-природопользователю (предприятию, учреждению, колхозу, совхозу и т. д.), исходя из:

- экологической обстановки в регионе;
- экономических возможностей предприятий;
- с учетом поэтапного достижения нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ).

На предприятии:

- лимиты разбиваются по месяцам;
- согласовываются с районными властями, после чего утверждаются;
- копии приказов в 15-дневный срок после утверждения направляются в государственные налоговые инспекции и в районные инспекции Минприроды.

За сверхустановленные выбросы ЗВ взимается налог в 15-кратном размере.

В зависимости от массы и состава выбрасываемых веществ в атмосферу предприятия подразделяют по категориям опасности. Это необходимо для:

- включения объекта в государственную систему учета выбросов ЗВ в атмосферу (форма статотчетности предприятия «2-ТП-воздух»);
- разработки проекта плана по охране атмосферного воздуха;
- подготовки ведомственного проекта по установлению нормативов ПДВ.

Предприятие считается не оказывающим вредного воздействия на атмосферный воздух, если ни один его источник выбросов не попадает в категорию опасных. Источник не опасен для ОС, если:

$$\frac{M_{\max}}{\dot{V} \hat{C}_{i,\delta}} \leq \hat{O}, \quad (5.21)$$

где M_{\max} – максимальная величина выброса вредного вещества в атмосферу, мг/с;
 $\hat{C}_{i,\delta}$ – предельная максимально-разовая концентрация вещества, мг/м³;
 Φ – величина, характеризующая условный расход воздуха, необходимый для разбавления вредного вещества, поступающего в атмосферу, до $\hat{C}_{i,\delta}$, м³/с.

При высоте источника выбросов по предприятию (Н):

$N < 10$ м, $\Phi = 0,1$ м³/с; при $N > 10$ м, $\Phi = 0,01N$.

Если источник выбросов вредных веществ опасен для ОС, то рекомендуется:

- проанализировать соответствие применяемого оборудования экологическим стандартам;
- усовершенствовать технологический процесс (процессы) на предприятии;
- разработать план мероприятий по обеспечению экологической безопасности на предприятии, включающий технологические, объемно-планировочные и санитарно-гигиенические решения.

Категория экологической опасности предприятия (КОП) [20]:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\dot{M}_i}{\dot{V} \hat{C}_{i,\delta}} \right)^{\hat{a}_i}, \quad (5.22)$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферу;

M_i – масса выброса i -го вещества, т/год.

$ПДК_i$ – среднесуточная предельно-допустимая концентрация i -го вещества, мг/м³;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого газа (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Значения a_i веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности веществ			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значение КОП рассчитывают при условии

$$\frac{\sum_i \dot{M}_i}{\sum_i \hat{P}_{ДК_i}} > 1. \quad (5.23)$$

Для расчета КОП могут использоваться:

- значения $ПДК_{м.р}$ или ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ (ОБУВ), при отсутствии $ПДК_{с.с.}$;
- уменьшенные в 10 раз значения $ПДК_{р.з.}$;
- при отсутствии информации о $ПДК$ или ОБУВ значение КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ. По величине КОП все предприятия делятся на четыре категории опасности (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Категории опасности предприятий в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу ЗВ

Категории опасности предприятия	Значения КОП
1	$КОП > 10^6$
2	$10^4 < КОП \leq 10^6$
3	$10^3 < КОП \leq 10^4$
4	$КОП < 10^3$

В зависимости от КОП введена следующая периодичность контроля и отчетности предприятия-природопользователя (таблица 5.7).

**Таблица 5.7 – Периодичность отчетности и контроля
предприятия-природопользователя**

Вид работы	КОП			
	1	2	3	4
1. Инвентаризация (один раз в пять лет) источников выбросов ЗВ в атмосферу	+	+	+	+
2. Составление (ежегодно) формы статистической отчетности «2 – ТП – воздух»	+	+	+	–
3. Разработка плана атмосфероохранной деятельности предприятия: - ежегодно - один раз в пять лет	+	+	+	+
4. Разработка проектов норм предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятия: - но полной схеме - но сокращенной схеме - не разрабатывают	+	+	+	+
5. Периодичность контроля атмосфероохранной деятельности предприятия: - ежегодно - один раз в три года - выборочно один раз в пять лет	+	+	+	+

5.4 Расчет выбросов ЗВ от производственных участков ремонтно-обслуживающих предприятий

5.4.1 Техническое обслуживание аккумуляторов

Аккумуляторный участок рекомендуется размещать у наружной стороны здания. Это в значительной мере упрощает устройство проточно-вентиляционной системы. Если размеры аккумуляторного участка превышают 15 м², то по соображениям производственной безопасности в зарядной рекомендуется иметь самостоятельный выход наружу.

Во время зарядки аккумуляторных батарей выделяются:

- серная кислота – при зарядке кислотных аккумуляторов;
- натрия гидроокись (щелочь) – при зарядке щелочных аккумуляторов.

Валовый выброс серной кислоты и натрия гидроокиси в тоннах в год (M^A_i) рассчитывается по формуле [21]:

$$M^A_i = 0,9g(Q_1a_1 + \dots + Q_n a_n)10^{-9}, \quad (5.24)$$

где g – удельное выделение серной кислоты или натрия гидроокиси:

$g = 1$ мг/А·ч – для серной кислоты;

$g = 0,8$ мг/А·ч – для натрия гидроокиси;

$Q_1 \dots Q_n$ – номинальная емкость каждого типа аккумуляторных батарей, обслуживаемых предприятием, А·ч (таблица 5.8);

$a_1 \dots a_n$ – количество проведенных зарядок батарей соответствующей емкости за год.

Расчет выбросов загрязняющих веществ при приготовлении электролита осуществляют по формулам:

Валовые выбросы (т/год):

$$M^A = gS3600t10^{-6}; \quad (5.25)$$

- максимально-разовые выбросы (г/с):

$$G^A = g \cdot S, \quad (5.26)$$

где t – время работы участка за год, ч;

S – площадь ванны, м²;

g – удельные выделения (при приготовлении электролита):

$g = 0,7$ г/с·м² – для серной кислоты;

$g = 1,57$ г/с·м² – для натрия гидроокиси.

Расчет максимально-разового выброса (г/с) серной кислоты или натрия гидроокиси в граммах в секунду производится исходя из условий, что мощность зарядных устройств используется с максимальной нагрузкой. При этом сначала определяется валовый выброс ($M^A_{\text{сут}}$) в тоннах за сутки:

$$M^A_{\text{сут}} = 0,9 \cdot g \cdot (Q/n') \cdot 10^{-9}, \quad (5.27)$$

где Q – номинальная емкость наиболее емких аккумуляторов, имеющихся на предприятии;

n' – максимальное количество вышеуказанных батарей, которые можно одновременно присоединять к зарядному устройству.

Максимально-разовый выброс серной кислоты или натрия гидроокиси ($G^A_{\text{раз}}$) рассчитывается по формуле:

$$G^A_{\text{раз}} = M^A_{\text{сут}} \cdot 10^6 / (3600 \cdot m), \quad (5.28)$$

где m – цикл проведения зарядки в день. Обычно принимают m равным 10 часам.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при зарядке составляют:

- щелочных аккумуляторов (натрия гидроокиси) – 1,9 г/кг электролита;
- кислотных аккумуляторов (серной кислоты) – 2,5 г/кг электролита.

Таблица 5.8 – Характеристики аккумуляторов [21]

Назначение и тип аккумуляторных батарей	Количество аккумуляторов в батарее, шт.	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, А*ч
Свинцовые стартерные для автомобилей и автобусов:			
3СТ-60	3	6	60
3СТ-70	3	6	70
3СТ-84	3	6	84
3СТ-98	3	6	98
3СТ-135	3	6	135
6СТ-42	6	12	42
6СТ-54	6	12	54
6СТ-68	6	12	68
6СТ-78	6	12	78
Железоникелевые тяговые:			
24ТЖН-500	24	30	500
28ТЖН-250	28	35	250
36ТЖН-300	36	45	300
80ТЖН-350	80	100	350
96ТЖН-350	96	120	350
Железоникелевые для питания электрических аппаратов, приборов и др. целей:			
3ЖН-45	3	3,75	45
4ЖН-45	4	5,0	45
4ЖН-60	4	5,0	60
4ЖН-100	4	5,0	100
5ЖН-45	5	6,25	45
5ЖН-60	5	6,25	60
5ЖН-100	5	6,25	100
7ЖН-45	7	8,75	45
7ЖН-60	7	8,75	60
10ЖН-22	10	12,5	22
10ЖН-45	10	12,5	45
10ЖН-60	10	12,5	60
10ЖН-100	10	12,5	100
17ЖН-22	17	21,25	22
Свинцовые стартерные для тракторов:			
6СТ-45ЭМ	6	12	45
6СТ-50ЭМС	6	12	50
6СТ-60ЭМ	6	12	60
6ТСТ-75ЭМС	6	12	75
6СТ-128	6	12	128
3ТСТ-150ЭМС	3	6	150
6ТСТ-182ЭМС	6	12	182
3ТСТ-215ЭМ	3	6	215

Перечень контролируемых параметров приведен в таблицах 5.9–5.10.

Таблица 5.9 – Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при ремонте аккумуляторных батарей

Наименование технологического процесса	Применяемые материалы	Температура, °С	Выделяемое загрязняющее вещество	
			наименование	удельные количества, г/с·м ²
Восстановление (отливка) межэлементных перемычек и клеммных выводов	расплав свинца	300–500	свинец	0,0013
Приготовление битумной мастики для ремонта корпусов аккумуляторов	расплав мастики	100–150	масло минеральное (нефтяное)	0,003

Таблица 5.10 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на производственном участке по техническому обслуживанию аккумуляторных батарей

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	Ед. изм.	Нормативные значения	
Участок (рабочее место) обслуживания аккумуляторных батарей	1. Электробезопасность:			
	-сопротивление заземляющих проводов;	Ом	< 5,0	Омметр типа М372
	-сопротивление изоляции электроустройств	МОм	> 0,5	Мегаомметр Ф4102/2-М (или аналогичный)
	Пары серной кислоты и щелочи	мг/м ³	< 1	Газтестер КИ-28066
	Водородные соединения	мг/м ³	< 200	Газоанализатор водорода УСГ-4
	Пары ацетона, толуола, ксилола	мг/м ³	< 50	Газтестер КИ-28066
Освещенность	лк	> 150 (при общем освещении)	Люксметр Ю-117 (Аргус 01 или др.)	
Температура поверхности оборудования	°С	< +70	Переносной цифровой термометр НТЦ-3	

5.4.2 Слесарно-механический участок

Для расчета выбросов загрязняющих веществ при механической обработке материалов необходимы следующие исходные данные: характеристика оборудования; «чистое» время работы единицы оборудования; номенклатура материалов, подвергающихся обработке; удельное количество пыли, аэрозолей, выделяющихся при работе на оборудовании.

«Чистое» время работы единицы станочного оборудования в день – это время, которое идет на собственно изготовление детали без учета времени на ее установку и снятие. «Чистое» время работы единицы станочного оборудования в день определяется руководителем участка, о чем составляется акт.

Удельное выделение пыли и аэрозолей, образующихся при механической обработке материалов, приведено в таблицах 5.11–5.15.

Валовый выброс каждого загрязняющего вещества, в тоннах в год, на участке механической обработки (M^c) определяется отдельно для каждого станка по формуле:

$$M^c = g_i^c \cdot t \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (5.31)$$

где g_i^c – удельное выделение загрязняющего вещества при работе оборудования (станка), г/с;

t – «чистое» за день время работы одной единицы оборудования;

n – количество дней работы станка (оборудования) в год.

Максимально разовый выброс определяется по таблицам 5.11–5.15. Если на одном станке обрабатываются различные материалы, то валовый выброс и максимально разовый выброс рассчитывается отдельно для каждого материала. Количество уловленных загрязняющих веществ в тоннах в год (M^o_i) рассчитывается по формуле:

$$M^o_i = M^c_i \cdot A \cdot \eta, \quad (5.32)$$

где A – коэффициент, учитывающий исправную работу очистного устройства:

$$A = N/N_1,$$

где N – количество дней исправной работы очистных устройств в год;
 N_1 – количество дней работы участка в год;
 η – эффективность данного очистного устройства (по паспортным данным), в долях.

Максимально разовый выброс при наличии очистных устройств (G_p^g) определяется по формуле:

$$G_p^g = g_i^c \cdot (1 - \eta \cdot A). \quad (5.33)$$

Если очистные устройства какое-то время не работали, то максимально разовый выброс равен (таблицы 5.11–5.15).

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при шлифовании уменьшает выделение пыли на 85–90 %. При работе на станках с применением СОЖ образуется мелкодисперсный аэрозоль. Количество выделяющегося аэрозоля зависит от ряда факторов, в том числе от энергетических затрат на резание металла. Поэтому принято относить выделение аэрозоля на 1 кВт мощности электродвигателя станка.

Валовый выброс аэрозоля при использовании СОЖ ($M_{\text{сож}}^c$) рассчитывается для каждого станка по формуле:

$$M_{\text{сож}}^c = 3600 \cdot g_{\text{сож}}^c \cdot N^{\prime} \cdot t \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (5.34)$$

где $g_{\text{сож}}^c$ – удельное выделение загрязняющих веществ при обработке металла с применением СОЖ, г/с·кВт;

N^{\prime} – мощность электродвигателя станка, кВт.

Максимально разовый выброс аэрозоля при применении СОЖ ($G_{\text{сож}}^a$) определяется по формуле:

$$G_{\text{сож}}^a = g_{\text{сож}}^c \cdot N. \quad (5.35)$$

Таблица 5.11 – Удельное выделение пыли при механической обработке металла без охлаждения (на единицу оборудования) [21]

Оборудование	Определяющая характеристика оборудования	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/с	
	диаметр шлифовального круга, мм	пыль абразивная	пыль металлическая
Круглошлифовальные станки	150	0,013	0,020
	300	0,017	0,026
	350	0,018	0,029
	400	0,020	0,030
	600	0,026	0,039
	750	0,030	0,045
	900	0,034	0,052
Плоскошлифовальные станки	175	0,014	0,022
	250	0,016	0,026
	350	0,020	0,030
	400	0,022	0,033
	450	0,023	0,036
	500	0,025	0,038
Бесцентрошлифовальные станки	30,100	0,005	0,008
	395,495	0,006	0,013
	480,600	0,009	0,016
Заточные станки	100	0,004	0,006
	150	0,006	0,008
	200	0,008	0,012
	250	0,011	0,016
	300	0,013	0,021
	350	0,016	0,024
	400	0,019	0,029
	450	0,022	0,032
	500	0,024	0,036
550	0,027	0,040	

Таблица 5.12 – Удельное выделение пыли при механической обработке чугуна, цветных металлов на станках без охлаждения [21]

Вид обработки, оборудование	Выделяемое вещество	Удельное количество выделяемой пыли (g^c_i), г/с
Обработка чугуна резанием: - токарные станки - фрезерные станки - сверлильные станки - расточные станки	Пыль чугунная	0,0063
		0,0139
		0,0022
		0,0021
Обработка резанием цветных металлов: - токарные станки - фрезерные станки - сверлильные станки - расточные станки	Пыль цветных металлов	0,0025
		0,0019
		0,0004
		0,0007

Таблица 5.13 – Удельное выделение аэрозолей масла и эмульсола при механической обработке металлов с охлаждением

Наименование технологического процесса, вид оборудования	Удельное количество выделяющегося в атмосферу масла (эмульсола), 10^{-5} (г/с) на 1 кВт мощности станка ($g_{\text{сож}}^c$)
Обработка металлов на токарных, сверлильных, фрезерных, строгальных, протяжных, резьбонакатных, расточных станках:	
- с охлаждением маслом	5,600
- с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3 %	0,050
- с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3–10 %	0,045
Обработка металлов на шлифовальных станках:	8,000
- с охлаждением маслом	
- с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3 %	0,104
- с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3–10 %	1,035

Таблица 5.14 – Удельное выделение пыли при механической обработке изделий из неметаллов (на единицу оборудования)

Операция технологического оборудования	Вид оборудования	Выделяемое загрязняющее вещество	
		наименование	удельные количества (g_i^c)
Обработка изделий из пресспорошков, сплава феррадо	Токарные станки	Пыль пресспорошка	0,0024

Для обеспечения контроля производственной и экологической безопасности на участке рекомендуются технические средства, приведенные в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на производственных участках (рабочих местах) при работе на металлорежущих станках

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
Участок (рабочие места) - токарный - фрезерный - строгальный - расточной - сверлильный - заточный (точильный) и др.	1. Электробезопасность (при работе на станочном оборудовании):			
	- сопротивление заземляющих проводов;	Ом	$\leq 5,0$	Омметр типа М372
	- сопротивление изоляции электроустройств;	МОм	$\geq 0,5$	Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
	2. Содержание пыли в воздухе (в т. ч. абразивная пыль)	мг/м ³	≤ 6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», Приз-2 и др.)
	3. Освещенность	лк	≥ 300 (при общ. осв.) ≥ 750 (при комбинир. освещен.)	Люксметр Ю-117, Аргус-01 (или аналогичные)
	4. Уровень шума	дБ	≤ 85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
	5. Температура воздуха	°С	17–19° (холодное время года) 20–22° (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (термометр)
	6. Относительная влажность	%	60–40	
7. Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	$\leq 0,3$ (холодное время года) $\leq 0,4$ (тепл. время года)	Метеометр БГТА-1 Метеометр БГТА-1 (анемометр)	
8. Тяжесть труда: - прикладываемые усилия при подъеме заготовок	кгс	≤ 20	АСО-3 или Динамометр электронный ДЭ-1	

5.4.3 Кузнечно-термический участок

На кузнечном участке производят различные кузнечные работы и выполняют термическую обработку деталей.

Стационарные горны в мастерских устанавливают на один и два огня. Воздух к горнам подают вентиляторы. Для удаления газов над горнами устанавливают зонт. Задние и боковые стенки горна закрывают металлическим фартуком, прикрепленным к зонту.

Для нагрева поковок применяют нагревательные кузнечные печи, работающие на твердом, жидком и газообразном топливе. Широкое распространение в ремонтном производстве получили и электрические нагревательные печи.

При нагреве заготовок и деталей в кузнечных горнах и нагревательных печах, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, происходит выделение оксида углерода, сернистого ангидрида (серы диоксид), оксидов азота, мазутной золы в пересчете на ванадий, твердых частиц (сажа). При закалке и отпуске в масляных ваннах происходит выделение паров минерального масла.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ кузнечным участком необходимо иметь следующие данные:

- вид топлива, применяемого в горне (печи);
- количество потребляемого топлива за год;
- время работы оборудования в день.

«Чистое» время работы закалочной ванны – это время, когда из ванны выделяются пары и аэрозоли (с момента опускания металла в ванну до его охлаждения).

Валовый выброс твердых частиц в дымовых газах (M_T) определяется для твердого и жидкого топлива по формуле:

$$M_T = g_T \cdot m \cdot \chi \cdot (1 - \eta_T / 100), \quad (5.36)$$

где g_T – зольность топлива, % (таблица 5.16);

m – расход топлива за год, т/год;

χ – коэффициент типа топлива (таблица 5.17);

η_t – эффективность золоуловителей, % (принимается по паспортным данным очистного устройства).

Таблица 5.16 – Характеристика топлив

Топливо	$g_T, \%$	$Q_{i,}^c$ МДж/кг, м ³	$S^c, \%$
Угли			
Донецкий бассейн	28,0	18,50	3,5
Днепровский бассейн	31,0	6,45	4,4
Подмосковный бассейн	39,0	9,88	4,2
Карагандинский бассейн	27,6	21,12	0,8
Кузнецкий бассейн	13,2	22,93	0,4
Мазут			
Малосернистый	0,1	40,30	0,5
Сернистый	0,1	39,85	1,9
Высокосернистый	0,1	38,89	4,1
Природный газ из газопроводов	-	≈ 37,0	-

Таблица 5.17 – Значение коэффициента χ в зависимости от типа топки и топлива

Тип топки	Топливо	χ
С неподвижной решеткой и ручным забросом	Бурые и каменные угли	0,0023
	Антрациты:	0,0030
	АС и АМ	0,0078
	АРШ	
Камерная	Мазут	0,0100

Максимально-разовый выброс определяется по формуле:

$$G_T = (M_T \cdot 10^6) / (tn \cdot 3600), \quad (5.37)$$

где n – количество дней работы горна в год;

t – время работы горна в день, ч.

Валовый выброс оксида углерода определяется для твердого, жидкого и газообразного топлива:

$$M_{CO} = C_{CO} \cdot m \cdot (1 - g_1 / 100) \cdot 10^{-3}, \quad (5.38)$$

где g_1 – потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания, % (таблица 5.18);

m – расход топлива за год, т/год (тыс.м³/год);

C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т (кг/тыс.м³).

Значения C_{co} – определяются по формуле:

$$C_{co} = g_2 R Q_i^h, \quad (5.39)$$

где g_2 – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, % (таблица 5.18);

R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива:

$R = 1$ – для твердого топлива;

$R = 0,5$ – для газа;

$R = 0,65$ – для мазута;

Q_i^h – низшая теплота сгорания натурального топлива (таблица 5.16).

Таблица 5.18 – Характеристика топок

Тип топки	Топливо	g_1	g_2
С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые угли	2,0	8,0
	Каменные угли	2,0	7,0
	Антрациты АМ и АС	1,0	10
Камерная	Мазут	0,5	0
	Газ (природный, попутный)	0,5	0
	Доменный газ	1,5	0

Максимально-разовый выброс оксида углерода определяется по формуле:

$$G_{co} = (M_{co} 10^6) / (tn 3600). \quad (5.40)$$

Валовый выброс оксидов азота для твердого, жидкого и газообразного топлива:

$$M_{NO_2} = g_3 B 10^{-3}, \quad (5.41)$$

где g_3 – удельное количество оксидов азота, выделяющееся при сжигании топлива, кг/т; (кг/тыс.м³). $g_3 = 0,95 \dots 2,23$;

B – расход топлива за год, т/год (тыс.м³/год).

Максимально-разовый выброс оксидов азота G_{NO_2} :

$$G_{NO_2} = (M_{NO_2} 10^6) / (tn 3600). \quad (5.42)$$

Валовый выброс мазутной золы (т/год) в пересчете на ванадий при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M_V = Q_V \cdot m \cdot (1 - \eta_{zy}) \cdot 10^{-6}, \quad (5.43)$$

где Q_V – количество ванадия, содержащегося в тонне мазута, г/т.

Значения Q_V определяются из выражения:

$$Q_V = 4000 \cdot g_T / 1,8, \quad (5.44)$$

где g_T – содержание золы в мазуте, %;

m – расход топлива за год, т/год;

η_{zy} – степень очистки (эффективность золоуловителей).

Максимально-разовый выброс мазутной золы в пересчете на ванадий определяется по формуле:

$$G_V = (M_V \cdot 10^6) / (t \cdot n \cdot 3600). \quad (5.45)$$

Валовый выброс сернистого ангидрида SO_2 (т/год), определяется по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (5.46)$$

где S^r – содержание серы в топливе, % (таблица 5.16);

η'_{SO_2} – доля сернистого ангидрида, связываемого летучей золой топлива. Для углей Канско-Ачинского бассейна – 0,2 (Березовских – 0,5); Экибастузских – 0,02; прочих углей – 0,1; мазута – 0,02;

η''_{SO_2} – доля сернистого ангидрида, улавливаемого в золоуловителе. Для сухих золоуловителей принимается равной 0, для мокрых – 0,25.

Максимально-разовый выброс сернистого ангидрида определяется по формуле:

$$G_{SO_2} = (M_{SO_2} \cdot 10^6) / (t \cdot n \cdot 3600). \quad (5.47)$$

Расчет валового выброса загрязняющих веществ при термической обработке металлоизделий проводится по формуле:

$$M_i^r = g_i \cdot m \cdot 10^{-6}, \quad (5.48)$$

где g_i – удельное выделение загрязняющего вещества, г/кг обрабатываемых деталей (таблица 5.19);

m – масса обрабатываемых деталей в год, кг.

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ (г/с) определяется по зависимости:

$$G_T = (g_i \cdot b) / (3600t), \quad (5.49)$$

где b – максимальная масса обрабатываемых деталей в течение рабочего дня, кг;

t – «чистое» время, затрачиваемое на обработку деталей в течение рабочего дня, час.

Таблица 5.19 – Удельные выделения загрязняющих веществ при термической обработке металлоизделий

Технологическая операция	Применяемое вещество	Выделяемое загрязняющее вещество	
		наименование	количественные характеристики выделения на единицу массы обрабатываемых деталей (g_i), г/кг
Закалка деталей в масляных ваннах	минеральные масла	масло минеральное нефтяное	0,10
Отпуск деталей в масляных ваннах	минеральные масла	масло минеральное нефтяное	0,08

5.4.4 Медницко-жестяницкий участок

На медницко-жестяницком участке производят ремонт радиаторов, топливных баков, воздухоочистителей и топливопроводов. Кроме того, здесь выполняют различные жестяницкие работы, связанные с восстановлением кабин, капотов, облицовок радиатора, крыльев, брызговиков и других деталей оперения.

При проведении медницких работ (пайки и лужении) используются мягкие припои, плавящиеся при температуре 180–230 °С. Эти припои содержат свинец, олово, поэтому при пайке в воздух выделяются аэрозоли оксидов свинца и олова.

Расчет валовых выбросов в тоннах производится отдельно по свинцу и оксидам олова. Так, при пайке паяльником с косвенным нагревом:

$$M_i^n = g_i m 10^{-6}, \quad (5.50)$$

где g_i – удельные выделения (свинца, оксидов олова, меди и цинка), г/кг (таблица 5.20);

m – масса израсходованного припоя за год, кг.

При пайке электропаяльником:

$$M_i^{эл} = g_i n t 3600 \times 10^{-6}, \quad (5.51)$$

где n – количество паяк в год;

t – «чистое» время работы паяльником, час.

При лужении:

$$M_i^n = g_i F t_1 n_1 3600 \times 10^{-6}, \quad (5.52)$$

где F – площадь зеркала ванны, м²;

n_1 – число дней работы ванны в год;

t_1 – время нахождения ванны в рабочем состоянии в день, час.

Максимально разовый выброс загрязняющих веществ определяется:

- при пайке паяльниками с косвенным нагревом по формуле:

$$G_i^n = M_i^n \times 10^{-6} / (t n 3600); \quad (5.53)$$

- при лужении:

$$G_i^n = g_i F. \quad (5.54)$$

При пайке электропаяльниками максимально разовый выброс равен удельному и берется из таблица 5.20 [21].

Общий валовый и максимально разовый выбросы одноименных веществ определяются как сумма этих веществ при пайке и лужении.

Таблица 5.20 – Удельные выделения загрязняющих веществ при пайке и лужении

Вид выполняемых работ	Применяемые вещества и материалы	Выделяемое загрязняющее вещество			
		наименование	удельное количество (g_i)		
			г/кг	г/с	г/с·м ²
Пайка паяльниками с косвенным нагревом	Оловянно-свинцовые припой ЛОС-30, 40, 60, 70	Свинец и его соединения	0,51		
		Олова оксид	0,28		
Пайка электропаяльниками мощностью 20–60 Вт	Медно-цинковые Л-60, Л-62 ПОС-30 ПОС-40 ПОС-60	Меди оксид	0,072		
		Цинка оксид	6,4		
		Свинец и его соединения		0,0075·10 ⁻³	
		Олова оксид		0,0033·10 ⁻³	
		Свинец и его соединения		0,0050·10 ⁻³	
		Олова оксид		0,0033·10 ⁻³	
		Свинец и его соединения		0,0044·10 ⁻³	
		Олова оксид		0,0031·10 ⁻³	
Лужение погружением в припой	ПОС-60	Свинец и его соединения			0,11·10 ³
	ПОС-40				
	ПОС-30				0,05·10 ³
	ПОС-70				
		Олова оксид			

5.4.5 Участок малярных работ

Технологический процесс окраски машин и сборочных единиц включает работы по подготовке поверхностей под окраску, грунтовку, шпатлевку, нанесения лакокрасочного покрытия и его сушку.

Обезжиривание наиболее часто производят в струйных камерах или ваннах водными растворами синтетических моющих средств щелочного типа – МЛ-51, МС-8, МС-6, МС-5, Лабомид-101, КМ-1 и др.

Для обезжиривания окрашиваемых поверхностей применяют также органические растворители. Их поверхности протирают хлопчатобумажной ветошью, смоченной растворителями (уайт-спирит, бензин), щетками или окунают (мелкие детали) в ванны с уайт-спиритом, трихлорэтиленом или другими хлорированными углеводородами. Следует отметить токсичность паров органических растворителей, обуславливающих применение оборудования специальной конструкции и эффективной вентиляции.

Из многих способов окраски (таблица 5.21) наибольшее распространение в сельскохозяйственном ремонтном производстве получило нанесение краски путем пневматического распыления без нагрева и с нагревом.

Выброс загрязняющего вещества, содержащегося в составе лакокрасочного материала зависит от его состава, способа нанесения покрытия, производительности применяемого оборудования, толщины наносимого покрытия, наличия средств по улавливанию или нейтрализации загрязняющих веществ и другого.

Принято [22], что в процессе окраски и сушки происходит полный переход летучей части лакокрасочного материала и (или) растворителя в газообразное состояние.

В качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ принимают фактический или плановый расход лакокрасочного материала, долю содержания в нем летучей части, долю компонентов летучей части, и при наличии оборудования для газоочистки – степень очистки.

Расчет выбросов от организованных источников

Количество красочного аэрозоля (M_a) выделяющегося или выбрасываемого в атмосферный воздух при отсутствии газоочистки, при нанесении лакокрасочного материала на поверхность изделия, определяется по формуле:

$$M_a = M_k f_a f_t 10^{-4}, \quad (5.55)$$

где M_k – масса лакокрасочного материала, используемого для покрытия (таблица 5.22), т;

f_a – доля лакокрасочного материала, потерянного в виде аэрозоля (таблица 5.22), %;

f_t – доля твердой составляющей в лакокрасочном материале (таблица 5.22), %.

Таблица 5.21 – Выделение вредных веществ при окраске [22]

Способ нанесения покрытия	Доля лакокрасочного аэрозоля выделяющегося при нанесении покрытия, % от массы твердой составляющей материала, f_a	Доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале, f_p	
		f_{po}	f_{pc}
Пневматический	30,0	25	75
Безвоздушный	2,5	23	77
Гидроэлектростатический	1,0	25	75
Пневмоэлектростатический	3,5	20	80
Электростатический	0,3	50	50
Горячее распыление	20,0	22	78
Окувание	–	28	72
Струйный облив	–	35	65
Электроосаждение	–	10	90

Количество красочного аэрозоля (M_a), выделяющегося в атмосферу при наличии газоочистки, определяется по формуле:

$$M_a = M_k f_a f_t (1-n) 10^{-4}, \quad (5.56)$$

где n – степень очистки, в долях.

При нанесении покрытия при отсутствии газоочистки общее количество загрязняющих веществ содержащихся в летучей части лакокрасочного материала, выделяющихся и выбрасываемых в атмосферный воздух, определяется по формуле:

$$M_a = M_k f_p f_{po} 10^{-4}, \quad (5.57)$$

где f_p – летучая часть, %;

f_{po} – летучая часть растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале при окраске (таблица 5.22).

При сушке M_a находится по формуле:

$$M_a = M_k f_p f_{pc} 10^{-4}, \quad (5.58)$$

где f_{pc} – доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале при сушке.

Выделение (выброс) при отсутствии газоочистки индивидуального загрязняющего вещества, содержащегося в лакокрасочном материале при нанесении покрытия M_o и сушке M_c , определяются по следующим формулам:

$$M_o = M_k f_p f_{po} f_k 10^{-6}, \quad (5.59)$$

где f_k – содержание загрязняющего вещества в летучей части лакокрасочного материала, %.

$$M_c = M_k f_p f_{pc} f_k 10^{-6}. \quad (5.60)$$

Выброс индивидуального загрязняющего вещества, содержащегося в летучей части лакокрасочного материала при наличии газоочистки в процессе нанесения покрытия и сушки:

$$M_{ok} = M_k f_p f_{po} f_k (1-n) 10^{-6}, \quad (5.61)$$

$$M_{ck} = M_k f_p f_{pc} f_k (1-n) 10^{-6}. \quad (5.62)$$

Общий выброс индивидуального загрязняющего вещества содержащегося в летучей части лакокрасочного материала определяется по формуле:

$$M_{общ} = M_{ok} + M_{ck}. \quad (5.63)$$

Таблица 5.22 – Состав лакокрасочных материалов и их назначение

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, f_s , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале, f_p , %	Наименование загрязняющего вещества входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала, f_k , %
1 Растворители, разбавители, обезжириватели					
<i>CLeacut</i>	Очиститель поверхности перед консервацией	–	100,0	Амиловый спирт Ацетон Бутилацетат Ксилол Псевдокумол Стирол Этилбензол Этилцеллозольв Углеводороды C1–C10	1,58 3,34 54,86 13,65 2,75 0,96 5,24 4,26 13,36
<i>Stadox mSb-11050 82608</i>	Растворитель	–	100,0	Бутилацетат Ксилол Уайт-спирит Этилбензол	32,23 11,50 52,32 3,95
<i>Stadox SiLicon RemoVeR 86786</i>	Растворитель силикона	–	100,0	Бутилацетат Ксилол Толуол Уайт-спирит Этилбензол	3,68 9,61 4,56 79,31 2,84
<i>Stadox Combi VeRdunnung</i>	Комбинированный растворитель	–	100,0	Ацетон Бутилацетат Толуол	25,19 20,27 54,53
2 Грунтовки, порозаполнители, шпатлевки, герметики и отвердители для них					
<i>Stadox Rapid-SpachteL 86077</i>	Быстротвердеющая шпатлевка	76,43	23,57	Ацетон Бутилацетат Диоксан Ксилол Метанол Пропанол Тоулол Этилацетат Этилметилбензол Углеводороды C1–C10	0,19 2,30 6,38 3,12 4,10 0,29 4,47 18,87 55,11 5,17
<i>Stadox 2k, pLaStic-haRdeneR 82551</i>	Двухкомпонентный грунт-порозаполнитель для пластмасс	70,91	29,09	Бутилацетат Диоксан Ксилол Толуол Уайт-спирит Этилбензол Этилметилбензол	2,04 0,81 66,07 0,18 6,54 23,82 0,54

Продолжение таблицы 5.22

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, f_s , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале, f_p , %	Наименование загрязняющего вещества входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала, f_k , %
<i>Standex 3m, SupeR Seam SeaL</i>	Шовный герметик	70,03	29,97	Бутилацетат Диоксан Ксилол Метанол Толоул Этилацетат Этилбензол Этилметилбензол Углеводороды C1–C10	1,75 36,55 2,25 22,17 28,52 2,16 0,65 1,70 4,25
<i>2k-CoLoR-fuLeR</i>	Однокомпонентный грунт-порозаполнитель	68,09	31,91	Бутилацетат Ксилол Кумол Уайт-спирит Этилбензол	68,17 16,64 0,12 7,44 7,63
<i>ChaRcoaL gReen-pcRL 6861</i>	Базовая краска	42,68	57,32	Ацетон Бензол Бутилацетат Углеводороды C1–C10 Амилацетат Пропанол Ксилол Метанол Этилацетат Этилбензол	8,32 0,47 51,99 16,76 4,22 1,08 12,73 2,02 0,04 2,37
<i>Standex 2k kLSRLak 20–60 84163</i>	Двухкомпонентный автолак	52,78	47,22	Амилацетат Амиловый спирт Бензол Бутилацетат Углеводороды C1–C10 Дибутилформамид Ксилол Псевдокумол Стирол Толулол Этилбензол Этилцеллозольв Этилметилбензол	0,60 3,45 0,41 1,13 40,65 2,39 16,75 2,39 0,19 0,21 5,12 13,18 2,91
<i>IRfaceR and coat</i>	Полироль	42,35	57,65	Амиловый спирт Бутилацетат Ксилол Псевдокумол Стирол Уайт-спирит Этилбензол Этилцеллозольв Этилметилбензол	1,01 78,69 5,29 2,36 0,59 6,78 1,22 3,29 0,78

Продолжение таблицы 5.22

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, f_t , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале, f_p , %	Наименование загрязняющего вещества входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала, f_k , %
<i>Stadox 2K eLaStikadditive 84279</i>	Добавка пластификатор для шпатлевок	7,93	92,07	Амилацетат Бутилацетат Ксилол Псевдокумол Стирол Уайт-спирит Этилбензол Этилцеллозольв Этилметилбензол	0,50 32,21 30,57 1,38 2,49 15,73 10,75 4,46 1,98
3 Порошковые краски (импортные)					
<i>FarRoxid серии 700</i>	Термрстойкие покрытия	99,47	0,53	Бутилацетат Углеводороды C1–C10 Толуол Этилбензол	33,36 15,26 11,65 35,73
<i>FarRoxid серии 710</i>	Термрстойкие покрытия	99,49	0,51	Бутилацетат Углеводороды C1–C10 Толуол Этилбензол	22,27 31,83 5,33 40,58
<i>KR HeRbertS PowdeR CoatingS</i>	Термрстойкие покрытия	99,03	0,97	Бутилацетат Углеводороды C1–C10 Бутанол Ксилол Кумол Стирол Толуол Этилацетат Этилбензол Этилцеллозольв	13,21 19,10 4,43 34,0 5,54 1,79 4,28 1,60 12,75 3,31
4 Шпатлевки					
МЧ-0054	89	11	спирт н-бутиловый ксилол этиленгликоль этилкарбитол	40 40 10 10	
НЦ-007	65	35	ацетон бутилацетат этилацетат спирт н-бутиловый спирт этиловый толуол	3 18 9 10 10 50	
ЭП-0010	90	10	толуол спирт этиловый	55,07 44,93	
ХВ-005	33	67	ацетон бутилацетат толуол	25,8 12,1 62,1	
5 Грунтовки					
АК-070	14	86	ацетон спирт н-бутиловый ксилол	20,04 12,6 67,36	
ГФ-031	54	46	ксилол уайт-спирит солювент	28,7 35,65 35,65	

Продолжение таблицы 5.22

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, f_t , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале, f_p , %	Наименование загрязняющего вещества входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала, f_k , %
ВЛ-02	21	79	спирт н-бутиловый спирт этиловый ксилол ацетон	28,2 37,6 6 28,2	
НЦ-173	3,1	96,9	спирт н-бутиловый спирт этиловый бутилацетат этилацетат толуол этилцеллозольв	4 77,7 6,4 5,2 3,6 3,1	
6 Эмали					
АК-194	28	72	бутилацетат спирт н-бутиловый спирт этиловый толуол	50 20 10 20	
ГФ-92	49	51	уайт-спирит ксилол спирт н-бутиловый	8 90 2	
МЛ-12	50,5	49,5	спирт н-бутиловый уайт-спирит этилцеллозольв сольвент	20,78 20,14 1,4 57,68	
НЦ-25	34	66	бутилацетат этилцеллозольв ацетон спирт этиловый толуол бутанол	10 8 7 15 45 15	
7 Лаки					
АК-113	7	93	бутилацетат спирт н-бутиловый спирт этиловый толуол	50,1 19,98 9,94 19,98	
БТ-99	44	56	уайт-спирит ксилол	4 96	
ГФ-92	54,5	45,5	спирт н-бутиловый уайт-спирит ксилол	2 8 90	
НЦ-134	12	88	ацетон бутилацетат спирт бутиловый спирт этиловый толуол этилцеллозольв	3 18 10 10 50 9	
8 Растворители					
Р-4	–	100	ацетон бутилацетат толуол	26 12 62	
РЛ-298	–	100	этилцеллозольв ксилол	30 70	
РП	–	100	ацетон ксилол	25 75	

Окончание таблицы 5.22

Марка лакокрасочного материала	Назначение лакокрасочного материала	Доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, f_t , %	Доля летучей части в лакокрасочном материале, f_p , %	Наименование загрязняющего вещества входящего в летучую часть лакокрасочного материала	Содержание загрязняющих веществ в летучей части лакокрасочного материала, f_k , %
№ 647	–	100	спирт н-бутиловый бутилацетат этилцеллозольв толуол		7,7 29,8 21,2 41,3
9 Разбавители для электроокраски					
РЭ-1В	–	100	сольвент спирт н-бутиловый спирт диацетоновый		70 20 10
Р-7В	–	100	спирт диацетоновый бутилацетат ксилол циклогексанон		10 25 60 5
РЭС-5107	–	100	бутилацетат ксилол толуол		17 17 66
РП	–	100	ацетон ксилол		25 75

При отсутствии газоочистки, когда известны суммарная площадь поверхности окрашиваемого изделия и удельное количество загрязняющего вещества, выделяющегося в атмосферный воздух при применении определенного типа лакокрасочного материала в конкретном технологическом процессе и однослойном покрытии, количество загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$M_{\text{окр}} = 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^n g_{ij} F_{ij}, \quad (5.64)$$

где g_{ij} – удельное количество загрязняющего вещества, выделяющегося в атмосферу при применении i -го типа лакокрасочного материала при j -том технологическом процессе нанесения покрытия с учетом транспортировки и предварительной сушки, г/м²;

F_{ij} – суммарная поверхность изделий, окрашиваемых i -тым типом лакокрасочного материала при j -том технологическом процессе нанесения покрытия, м²/год.

Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, рассчитывается по тем же формулам, что и валовый выброс, только

вместо массы лакокрасочного материала, необходимого для покрытия (M_k), используется масса лакокрасочного материала расходуемого в единицу времени:

$$M_k = M_{cp} \cdot 1000 / (t \cdot 60), \quad (5.65)$$

где M_{cp} – расход лакокрасочного материала за время t ведения технологического процесса нанесения покрытия, кг (t не более 30 минут).

Рассчитать количество красочного аэрозоля выбрасываемого в атмосферу в единицу времени можно по формуле:

$$M_a = 0,56 M_{cp} f_a f_t 10^{-4}. \quad (5.66)$$

Расчет выбросов от неорганизованных источников. При нанесении лакокрасочных покрытий при отсутствии оборудования по отсосу загрязненного воздуха, и когда источники являются неорганизованными, выбросы ЗВ, содержащиеся в летучей части лакокрасочного материала, рассчитываются по формуле:

$$M = M_k f_b f_k 10^{-4}. \quad (5.67)$$

Контролируемые параметры и приборное обеспечение для организации производственной и экологической безопасности на участке малярных работ приведены в таблица 5.23.

Таблица 5.23 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на производственном участке малярных работ (лакокрасочных покрытий) при ремонте машин

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
Участок окрасочных работ (лакокрасочных покрытий)	1. Электробезопасность: -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом	$\leq 5,0$	Омметр типа М372 Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
		МОм	$\geq 0,5$	
	2. Пары бензина и керосина (углеводородные соединения): -бензин-растворитель -бензин топливный -керосин -масла нефтяные	мг/м ³	≤ 300	Газтестер КИ-28066
			≤ 100	
			≤ 300	
			≤ 5	
	3. Пары: -ацетона -уайт-спирита -ксилола	мг/м ³	≤ 200	Газтестер КИ-28066
			≤ 300	
			≤ 50	
4. Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤ 6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима 01», Приз-2 и др.) ВШВ-03	
5. Шум	дБ	≤ 85		
6. Относительная влажность	%	60-40	Метеометр БГТА-1	
7. Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	$\leq 0,2$ (холодный период года) $\leq 0,3$ (теплый период года)	Метеометр БГТА-1	
8. Температура воздуха	°С	18–20 (холодный период года)	Метеометр БГТА-1	
9. Тепловые поля	Вт/м ²	21–23 (теплый период года) ≤ 200	Радиометр РАТ-2П	

Перечень и характеристики ЗВ приведены в таблице 5.24.

Таблица 5.24 – Перечень и характеристики загрязняющих веществ

№	Название (по международной номенклатуре)	Формула	Код (по CAS)	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³
1	Амилацетат (пентилаце-	CH ₃ O ₂ C ₅ H ₁₁	1202 (628-63-7)	4	0,100	–
2	Ацетон (диметилкетон, пропан-2-ОН)	(CH ₃) ₂ CHO	1401 (67-64-1)	4	0,350	–
3	Бензин «Калоша»	–	–	4	5,000	–
4	Бензол	C ₆ H ₆	0602 (71-43-2)	2	1,500	–
5	Бутилацетат	CH ₃ O ₂ C ₄ H ₉	1210 (123-86-4)	4	0,100	–
6	Бутилцеллозольв	C ₆ H ₁₄ O ₂	4439-24-1	3	1,000	–
7	Гексан	C ₆ H ₁₄	0403 (110-54-3)	4	60,0	–
8	Гептан	C ₇ H ₁₆	0401	4	25,0	–
9	Декан	C ₁₀ H ₂₂	0401	4	25,0	–
10	Дибутилфталат	C ₆ H ₄ (CHO ₂) ₂ (C ₄ H ₉) ₂	1215 (84-74-2)	–	–	0,1
11	Диметилформаид	CHON(CH ₃) ₂	1523 (68-12-2)	2	0.03	–
12	Диметилфталат	C ₆ H ₁₄ O ₂	–	–	–	–
13	1,4-диоксан	C ₄ H ₈ O ₂	1610	–	–	0,07
14	Изоамилацетат	C ₇ H ₁₄ O ₂	1219	–	–	0,2
15	Ксилол (диметилбензол)	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0616 (1330-20-	3	0,2	–
16	Кумол (изопропилбензол)	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	0612 (98-82-8)	4	0,014	–
17	Лактон C ₁₂	–	–	–	–	0,03
18	Метилацетат, метиловый эфир уксусной кислоты	C ₂ H ₃ O ₂ CH ₃	1224 (79-20-9)	4	0,07	–
19	Метилизобутилкетон	C ₆ H ₁₂ O	108-10-1	4	0,1	–
20	Метилэтилкетон	C ₄ H ₈ O	78-93-3	–	–	0,1
21	Нефрас	–	–	4	–	1,5
22	Нитропропан	C ₃ H ₇ NO ₂	79-46-9	–	–	0,1
23	Нонан	C ₉ H ₂₀	0401	4	25,0	–
24	Октан	C ₈ H ₁₈	0401	4	25,0	–
25	Пентан	C ₅ H ₁₂	0405 (109-66-0)	4	100,0	–
26	Псевдокумол (триметил-	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	0626 (95-63-6)	2	0,04	–
27	Растворитель окситерпеновый (по скипидару)	–	–	4	2,0	–
28	Растворитель AP	–	–	–	–	–
29	Сольвент	–	–	–	–	0,2
30	Спирт амиловый и его изомеры (пентанол)	C ₅ H ₁₁ OH	1039 (71-41-0)	3	0,01	–
31	Спирт бутиловый (бута-	C ₄ H ₉ OH	1042 (71-36-3)	3	0,1	–
32	Спирт диацетоновый	–	–	–	–	0,3
33	Спирт изобутиловый	–	–	4	–	0,1
34	Спирт изопропиловый (изопропанол, пропан-2-	C ₃ H ₇ OH	1051 (67-63-0)	3	0,6	–
35	Спирт метиловый (метанол)	CH ₃ OH	1052 (67-56-1)	3	1,0	–

Окончание таблицы 5.24

№	Название (по международной номенклатуре)	Формула	Код (по CAS)	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³
36	Спирт этиловый	C ₂ H ₅ OH	1061 (64-17-5)	4	5,0	–
37	Стирол (винилбензол)	C ₆ H ₅ C ₂ H ₃	0620 (100-42-5)	2	0,04	–
38	Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	0621 (108-88-3)	3	0,6	–
39	Уайт-спирит		2752	4	–	1,0
40	Фенол	C ₆ H ₆ O	108-95-2	2	0,01	–
41	Формальдегид	CH ₂ O	50-00-0	2	0,035	–
42	Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	3	0,1	–
43	Циклогексанон	C ₆ H ₁₀ O	108-94-1	3	0,04	–
44	Этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты)	C ₂ H ₃ O ₂ C ₂ H ₅	1240 (141-78-6)	4	0,1	–
45	Этилбензол	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	0627 (100-41-4)	3	0,02	
46	Этиленгликоль	C ₂ H ₆ O ₂	107-21-1	–	–	1,0
47	Этиленгликоль-ацетат	C ₄ H ₈ O ₃	–	–	–	–
48	Этилкарбитол	C ₄ H ₁₄ O ₃	11-90-0	–	–	1,5
49	Этилметилбензол ((2),(3),(4)-метил-1-этилбензол)	C ₆ H ₄ CH ₃ C ₂ H ₅	0628,0629,0630 (611-14-3, 620-14-4, 622-96-8)	–	–	0,03
50	Этилцеллозольв (2-этоксиэтанол)	C ₂ H ₅ OH (CH ₃) ₂ HO	1119 (110-80-5)	–	–	0,7
51	Эфир дибутиловый	(C ₄ H ₉) ₂ O	1124 (142-96-1)	–	–	0,1
52	Эфир диизопропиловый	(C ₃ H ₇) ₂ O	1101 (108-20-3)	–	–	0,4
53	Эфир диэтиловый	–	–	–	–	–

5.4.6 Сварочно-наплавочный участок

Сварку и наплавку деталей производят сварочными автоматами, полуавтоматами и ручным способом.

Количество выделяющихся загрязняющих веществ при сварке зависит от марки электрода и марки свариваемого металла, типа швов и других параметров сварочного производства. Расчет количества загрязняющих веществ проводится по удельным показателям, приведенных к расчету сварочных материалов. В таблицах 5.25–5.27 приводятся контролируемые параметры и рекомендуемые средства контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на рабочих местах, удельные показатели выделения загрязняющих веществ при различных сварочных работах.

Таблица 5.25 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на участке (рабочем месте) электросварки

Контролируемый параметр			Средство контроля
наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1.Электробезопас-ность: -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом МОм	$\leq 5,0$ $\geq 0,5$	Омметр типа М372 Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
2.Сварочный аэрозоль: -оксид хрома -оксид марганца -оксид никеля -оксид алюминия -оксид цинка	мг/м ³ мг/м ³ мг/м ³ мг/м ³ мг/м ³	$\leq 0,01$ $\leq 0,3$ $\leq 0,5$ ≤ 2 ≤ 6	Газтестер КИ-28066
3.Тепловые поля (энергетическая освещенность)	Вт/м ²	≤ 200	Радиометр РАТ-2П
4.Выбросы в воздух: -окись углерода -двуокись азота -фтористый водород -озон	мг/м ³ мг/м ³ мг/м ³ мг/м ³	≤ 20 ≤ 5 $\leq 0,5$ $\leq 0,1$	Газтестер КИ-28066
5.Содержание пыли в воздухе (в т. ч. абразивная пыль)	мг/м ³	$\leq 4,0$	Пылемер «Прима 03» (или «Прима 01», «Приз-2» и др.)
6.Освещенность	лк	≥ 200 (при общем освещении) ≥ 500 (при комбинированном освещении)	Люксметр Ю-117, Аргус-01 (или аналогичные)
7.Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤ 80	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
8.Температура воздуха	°С	17–19 (холодный период года) 20–22 (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (термометр цифровой ТЦМ)
9.Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	$\leq 0,3$ (холодный период года) $\leq 0,4$ (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (анемометр АСО-3 или др.)
10.Относительная влажность	%	60–40	Метеометр БГТА-1 (или психрометр)
11.Тяжесть труда: -прикладываемые усилия при подъеме заготовок	кгс	≤ 20	Динамометр электронный (весы электронные ВЭ-100)

Таблица 5.26 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на участке (рабочем месте) газовой сварки

Контролируемый параметр			Средство контроля
наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	≤ 0,3 (холодный период года) ≤ 0,4 (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (анемометр АСО-3 или др.)
2 Температура воздуха	°С	17–19 (холодный период года) 20–22 (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (термометр цифровой ТЦМ)
3 Шум	дБ	≤ 80	ВШВ-03-М2, измеритель уровня звука 00024 (Германия)
4 Относительная влажность	%	60–40	Метеометр БГТА-1 или термометр цифровой)
5. Температура поверхности оборудования	°С	≤ +70	Переносной цифровой термометр
6. Освещенность	лк	≥ 200 при общем освещении; ≥ 500 при комбинированном освещении	Люксметр Аргус-01
7. Электробезопасность: -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом МОм	≤ 5,0 ≥ 0,5	Омметр типа М372 Мегаомметры Ф4102/1-1М И Ф4102/2-1М
8. Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤ 6	Пылемер «Прима 03» (или «Прима 01», «Приз-2» и др.)
9. Выбросы в воздух: -окись углерода -двуокись азота -фтористый водород -пары ацетона -пропан-бутановая смесь -озон	мг/м ³	≤ 20 ≤ 5 ≤ 0,5 ≤ 200 ≤ 50 ≤ 0,1	Газтестер КИ-28066

Расчет валового выброса загрязняющих веществ при всех видах электросварочных работ производится по формуле:

$$M_i^c = g_i^c B 10^{-6}, \quad (5.68)$$

где g_i^c – удельный показатель выделяемого загрязняющего вещества расходуемых сварочных материалов, г/кг;

B – масса расходуемого сварочного материала, кг/год.

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ определяется по формуле:

$$G_i^c = g_i^c \cdot b / (3600 \cdot t), \quad (5.69)$$

где b – максимальное количество сварочных материалов, расходуемых в течение рабочего дня, кг;

t – «чистое» время, затрачиваемое на сварку в течение рабочего дня, ч.

Расчет валового и максимально-разового выброса загрязняющих веществ при газовой сварке ведется по тем же формулам, что и для электродуговой сварки, только вместо массы расходуемых электродов берется масса расходуемого газа. Удельные выделения загрязняющих веществ при газовой сварке приведены в таблице 5.28. Для определения количества загрязняющих веществ, выделяющихся при газовой резке металла, используются удельные показатели, приведенные в таблице 5.29.

Валовый выброс загрязняющих веществ при газовой резке определяется для каждого газорезущего поста отдельно по формуле:

$$M_i^p = g_i^p \cdot t n 10^{-6}, \quad (5.70)$$

где g_i^p – удельный выброс загрязняющих веществ, г/ч;

t – «чистое» время газовой резки металла в день, ч;

n – количество дней работы поста в году.

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ при газовой резке определяется по формуле:

$$G_i^p = g_i^p / 3600. \quad (5.71)$$

Таблица 5.27 – Удельные выделения загрязняющих веществ при ручной электродуговой сварке штучными электродами

Технологическая операция, сварочный или наплавочный материал и его марка (ручная дуговая сварка сталей штучными электродами)	Количество выделяющихся загрязняющих веществ, г/кг (g^c_i)									
	Сварочный аэрозоль	в том числе				прочие		вторичный водород	азота диоксид	углерода оксид
		марганец и его соединения	железа оксид	пыль неорганическая, содержащая SiO_2 (20–70)	наименование	количество				
УОНИ 13/45	16,3	0,92	10,69	1,40	Фториды (в пересчете на F)	3,3	0,75	1,50	13,3	
УОНИ 13/55	1	1,09	13,90	1,00		1,00	0,93	2,70	13,3	
АНО-1	16,9	0,43	9,17	–		–	–	–	–	
ОЗС-3	9	0,42	14,88	–		–	–	–	–	
МР-4	9,6	1,73	9,77	–		–	0,40	–	–	
	15,3									
	11,5									

Таблица 5.28 – Удельные выделения загрязняющих веществ при газосварочных работах

Технологическая операция	Выделяемое загрязняющее вещество		
	Наименование	количественные характеристики	
		единица измерения	количество
Газовая сварка стали ацетиленокислородным пламенем	азота диоксид	г/кг ацетилена	22,0
То же с использованием пропан-бутановой смеси	азота диоксид	г/кг смеси	15,0

Таблица 5.29 – Удельные выделения загрязняющих веществ при газовой резке металлов

Технологический процесс	Характеристика разрезаемого металла		Наименование и удельные выделения загрязняющих веществ (g^p_i), г/ч						
	металл	толщина, мм	Сварочный аэрозоль	в том числе				углерода оксид	азота оксид
				хрома оксид	марганец и его соединения	железа оксид	кремния оксид		
Газовая резка металла	Сталь углеродистая	5	74,0	–	1,1	72,9	–	49,5	39,0
		10	131,0	–	1,9	129,1	–	63,4	64,1
		20	200,0	–	3,0	197,0	–	65,0	53,2
	Сталь –качественная легированная	5	82,5	1,25	–	81,25	–	42,9	33,6
		10	145,5	2,5	–	143,0	–	55,2	43,4
		20	222,0	5,0	–	217,0	–	57,2	44,9
	Сталь высоко-марганцовистая	5	80,1	–	1,6	78,2	0,3	46,2	36,3
		10	142,2	–	2,8	138,8	0,6	58,2	46,6
		20	217,5	–	4,4	212,2	0,9	59,9	48,8

5.4.7 Участок ремонта и испытания двигателей

В состав участка входят рабочие места текущего ремонта двигателей и испытательная станция. Испытательная станция оборудуется специальными стендами, на которые устанавливается двигатель для проведения этих работ. При работе двигателя выделяются токсичные вещества: оксид углерода – CO , оксиды азота – NO_x , углеводороды – CH , соединения серы – SO_2 , сажа – C (у дизелей), соединения свинца – Pb .

Обкатка двигателей производится как без нагрузки (холостой ход), так и под нагрузкой. На режиме холостого хода выброс загрязняющих веществ определяется в зависимости от рабочего объема испытываемого двигателя. При обкатке под нагрузкой выброс загрязняющих веществ зависит от средней мощности, развиваемой двигателем при обкатке.

Валовый выброс i -го загрязняющего вещества в тоннах в год (M_i) определяется по формуле:

$$M_i = M_{ixx} + M_{ин}, \quad (5.72)$$

где M_{ixx} – валовый выброс i -го загрязняющего вещества при обкатке на холостом ходу, т/год;

M_{iH} – валовый выброс i -го загрязняющего вещества при обкатке под нагрузкой, т/год.

Валовый выброс i -го загрязняющего вещества при обкатке на холостом ходу:

$$M_{ixx} = \sum_{n=1}^n P_{ixxn} t_{xxn} n_n 60 \cdot 10^{-6}, \quad (5.73)$$

где P_{ixxn} – выброс i -го загрязняющего вещества при обкатке двигателя n -й модели на холостом ходу, г/с;

t_{xxn} – время обкатки двигателя n -й модели на холостом ходу, мин;

n_n – количество обкатанных двигателей n -й модели в год.

Значение P_{ixxn} определяют по формуле:

$$P_{ixxn} = g_{xxB} \cdot V_{hn} \text{ или } P_{ixxn} = g_{xxD} V_{hn},$$

где g_{xxB} , g_{xxD} – удельный выброс i -го загрязняющего вещества соответственно бензиновым или дизельным двигателем n -й модели на единицу рабочего объема, г/л.с.;

V_{hn} – рабочий объем двигателя n -й модели, л.

Валовый выброс i -го загрязняющего вещества в тоннах в год при обкатке двигателя под нагрузкой (M_{iH}) определяется по формуле:

$$M_{iH} = \sum_{n=1}^n P_{iHn} t_{Hn} n_n 60 \cdot 10^{-6}, \quad (5.74)$$

где P_{iHn} – выброс i -го загрязняющего вещества при обкатке двигателя n -й модели под нагрузкой, г/с;

t_{Hn} – время обкатки двигателя n -й модели под нагрузкой, мин.

$$P_{iHn} = g_{iHB} N_{cpn} \text{ или } P_{iHn} = g_{iHD} N_{cpn},$$

где g_{iHB} , g_{iHD} – удельный выброс i -го загрязняющего вещества соответственно бензиновым и дизельным двигателями на единицу мощности, г/л.с.

N_{cpn} – средняя мощность, развиваемая при обкатке под нагрузкой двигателем n -й модели, л.с.

Расчет выбросов загрязняющих веществ ведется отдельно для бензиновых и дизельных двигателей.

Максимальный разовый выброс загрязняющих веществ (G_i) определяется только на нагрузочном режиме, так как при этом происходит наибольшее выделение загрязняющих веществ. Расчет производится по формуле:

$$G_i = g_{инБ} N_{срБ} A_B + g_{инД} N_{срД} A_D, \quad (5.75)$$

где $g_{инБ}$, $g_{инД}$ – удельный выброс i -го загрязняющего вещества соответственно бензиновым или дизельным двигателем на единицу мощности, г/л.с.·с;

$N_{срБ}$, $N_{срД}$ – средняя мощность, развиваемая при обкатке наиболее мощного бензинового или дизельного двигателя, л.с.;

A_B , A_D – количество одновременно работающих испытательных стендов для обкатки бензиновых или дизельных двигателей.

Если на предприятии имеется только один стенд, на котором обкатывают бензиновые или дизельные двигатели, то в качестве максимально разовых выбросов G_i принимаются значения для двигателей, имеющих наибольшие выбросы по i -му компоненту.

При холодной обработке двигателя расчет выбросов загрязняющих веществ не проводится.

5.4.8 Разборочно-моечный участок

Снятые с машины агрегаты подвергаются очистке. Важное значение имеет соблюдение параметров производственной и экологической безопасности при выполнении разборочно-сборочных работ (таблица 5.30).

Таблица 5.30 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению технической и экологической безопасности на производственных участках (рабочих местах) при выполнении разборочно-сборочных работ

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1 Рабочее место наружной очистки машины (узлов, агрегатов)	1.1 Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤ 6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-1», «Приз-2» и др.) Газтестер КИ-28066
	1.2 Пары (углеводородные соединения)	мг/м ³	≤ 100	
	1.3. Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤ 80	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
	1.4 Электробезопасность (при работе с мониторинговой моечной машиной или компрессором): -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом	≤ 5,0	
		МОм	≥ 0,5	
1.5 Освещенность		≥ 200 (при общем освещении) ≥ 300 (при комбинированном освещении)	Омметр типа М372 Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный) (см. п.2.4) Люксметр Ю-117, Аргус-01 (или аналогичные)	
2 Участок (рабочее место) разборки машин (узлов, агрегатов)	2.1 Пары (углеводородные соединения)	мг/м ³	(см. п.1.2)	
	2.2 Содержание выли в воздухе	мг/м ³	(см. п.1.1.)	
	2.3 Электробезопасность		(см. п.1.4.)	
	2.4 Освещенность	лк		

Окончание таблицы 5.30

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
3 Участок (рабочее место) сборки машин (узлов, агрегатов)	3.1 Уровень шума (звукового давления)	дБ	≤ 80	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
	3.2 Электробезопасность		См. п.1.4	
	3.3 Пары бензина и дизтоплива		См. п.1.2.	Газтестер КИ-28066
	3.4 Освещенность		См. п.2.4.	
	3.5. Температура воздуха	$^{\circ}\text{C}$	17–19 ⁰ (холодное время года) 20–22 ⁰ (теплый период года)	Метеомерт БГТА-1 (термометр)
	3.6 Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	$\leq 0,3$ (холодный период года) $\leq 0,4$ (теплый период года)	
	3.7 Тяжесть труда: -прикладываемые усилия	кгс	≤ 20	Метеомерт БГТА-1 (анемометр АСО-3 или др.) Динамометр электронный (весы электронные ВЭ-100)

Таблица 5.31 – Номенклатура контролируемых параметров при мойке машин, их нормативы и средства контроля

Наименов. рабочего участка (рабочего места)	Применяемые вещества	Контролируемые параметры (выделяемые загрязняющие вещества и др.)	Нормативное значение	Средства контроля
Участок мойки машин, их агрегатов и деталей	Керосин	Керосин	$\leq 300 \text{ мг/м}^3$	Экспресс-анализатор «Газтестер»
	МС-6, МС-8, лабомид-101 и др.	Карбонат кальция (каустическая сода)	$\leq 0,5 \text{ мг/м}^3$	
	Дизельное топливо (при выпаривании деталей)	Алифатические предельные углеводороды	$\leq 300 \text{ мг/м}^3$	Экспресс-анализатор «Газтестер»
	Дизельное топливо (при мойке деталей)	Масляный туман	$\leq 5 \text{ мг/м}^3$	

Окончание таблицы 5.31

Наименов. рабочего участка (рабочего места)	Применяемые вещества	Контролируемые параметры (выделяемые загрязняющие вещества и др.)	Нормативное значение	Средства контроля			
Участок мойки машин, их агрегатов и деталей	Бензин	Бензин топливный	$\leq 100 \text{ мг/м}^3$	Экспресс-анализатор «Газ-тестер»			
		Бензин-растворитель	$\leq 300 \text{ мг/м}^3$				
	Соляная кислота 5 %-ная (для очистки чугунных деталей от накипи)	Хлористый водород		$\leq 1 \text{ мг/м}^3$	Прибор УСГ-4		
						Серная кислота (при очистке от ржавчины)	Серная кислота
	Соли свинца	Соли свинца	$\leq 0,005 \text{ мг/м}^3$	–			
	Параметры микроклимата	Шум		$\leq 80 \text{ дБ}$	ВШВ-03-М2 или измеритель уровня звука 00024		
					Относительная влажность	60–40 %	Метеометр БГТА-1 или психрометр МВ-4М
					Скорость движения воздуха	$\leq 0,3 \text{ м/с}$ (холодный период года) $\leq 0,4 \text{ м/с}$ (теплый период года)	–
					Температура воздуха	17–19 °С (холодный период года) 20–22 °С (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 или термометр цифровой ТЦМ-9210-01
					Температура поверхности оборудования	$+ \leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$	Переносной цифровой термометр ТЦМ-9210-01-
Освещенность					$\geq 150 \text{ лк}$ (при общем освещении)	Люксметр Ю-117 Аргус-01 (или аналогичный)	
Электробезопасность:					$\leq 5,0 \text{ Ом}$	Омметр типа М372	
-сопротивление заземляющих проводов;	$\geq 0,5 \text{ МОм}$	Мегаомметр Ф4102/1-1М и Ф4102/2-1М					
-сопротивление изоляции электроустройств							

Детали, подлежащие восстановлению, подвергают мойке в моечных погружных машинах типа ОМ-12190 или ОМ-12191; в крупных мастерских общего назначения целесообразно использовать машину типа ОМ-14251. Очистку мелких деталей и метизов рекомендуется производить в машинах для мокрой галтовки типа ОМ-6068А.

Очистка на машинах, например, ОМ-2190, ОМ-12191, ОМ-14251 производится растворами синтетических и растворяюще-эмульгирующих моющих средств типа МЛ, МС, Лабомид, АМ-15, Ритм-76 и др.

Прежде чем приступать к ремонту агрегатов, узлов и деталей автомобилей, их необходимо очистить от загрязнений и коррозии.

Широкое распространение в процессах очистки получили синтетические моющие средства (СМС), основу которых составляют поверхностно активные вещества (ПАВ) и щелочные соли (Лабомид-101, -203, Темп-100Д и др.). При использовании СМС в качестве моющего раствора выделяется аэрозоль кальцинированной соды.

Удельные выделения загрязняющих веществ при мойке деталей и агрегатов приведены в таблице 5.32.

Валовый выброс загрязняющего вещества (т/год) при мойке определяется по формуле:

$$M_i^M = g_i F t n 3600 \times 10^{-6}, \quad (5.76)$$

где g_i – удельный выброс загрязняющего вещества, г/с·м² (таблица 5.32);

F – площадь зеркала моечной ванны, м²;

t – время работы моечной установки в день, ч;

n – число дней работы моечной установки в год.

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ:

$$G_i^M = g_i F. \quad (5.77)$$

Таблица 5.32 – Удельные выделения загрязняющих веществ при мойке деталей, узлов и агрегатов

Вид выполняемых работ	Наименование применяемого вещества	Выделяемое загрязняющее вещество (на единицу площади зеркала ванны)	
		наименование	удельное количество (g_i), г/с·м ²
Мойка и расконсервация деталей	Керосин	Керосин	0,433
Мойка деталей в растворах СМС, содержащих 40–50 % кальцинированной соды	Лабомид 101 202 203 Темп-100Д	Натрия карбонат (кальцинированная сода)	0,0016

5.4.9 Шиноремонтный участок

Технологический процесс ремонта местных повреждений покрышек включает следующие операции: прием в ремонт и определение величины и характера повреждений; мойку, сушку, подготовку поврежденных участков к ремонту – вырезку поврежденных участков, проверку влажности и при необходимости сушку; шероховку, намазку клеем, сушку; заделку повреждений; вулканизацию; отделку и балансировку.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ необходимо иметь следующие исходные данные: удельные выделения загрязняющих веществ при ремонте резинотехнических изделий; количество расходуемых за год материалов (клей, бензин, резина для ремонта); время работы шероховальных станков в день.

Валовые выделения пыли (M_i^n) рассчитывается по формуле:

$$M_i^n = g^n n t 3600 \times 10^{-6}, \quad (5.78)$$

где g^n – удельное выделение пыли при работе единицы оборудования, г/с (табл. 5.33);

n – число дней работы шероховального станка в год;

t – среднее «чистое» время работы шероховального станка в день, час.

Максимально разовый выброс пыли при шероховке принимается равным удельному выделению пыли и берется из таблицы 5.33.

Валовые выбросы бензина, оксида углерода и сернистого ангидрида (M_i^B) определяется по формуле [21]:

$$M_i^B = g_i^B B 10^{-6}, \quad (5.79)$$

где g_i^B – удельное выделение загрязняющего вещества, г/кг ремонтных материалов, клея в процессе его нанесения с последующей сушкой и вулканизацией (таблица 5.34);

B – количество израсходованных ремонтных материалов в год, кг.

Максимально разовый выброс бензина (G_6) определяется по формуле:

$$G_6 = g_i^B \cdot B' / (3600t), \quad (5.80)$$

где B' – количество израсходованного бензина в день, кг;

t – время, затрачиваемое на приготовление, нанесение сушку клея в день.

Максимально разовый выброс оксида углерода и сернистого ангидрида (G_B) определяется по формуле:

$$G_B = M_i^B \cdot 10^6 / (t n 3600), \quad (5.81)$$

где t – время вулканизации на одном станке в день, час;

n – количество дней работы станка в год.

Таблица 5.33 – Удельное выделение пыли при шероховке

Наименование операции	Наименование выделяемых загрязняющих веществ	Удельное выделение при работе единицы оборудования, г/с
Шероховка мест повреждения камер	Пыль	0,0226

Таблица 5.34 – Удельные выделения загрязняющих веществ в процессе ремонта резинотехнических изделий

Операция технологического процесса	Применяемые вещества и материалы	Выделяемые загрязняющие вещества	
		наименование	удельное количество (g_i^B), г/кг
Приготовление, нанесение и сушка клея	технический каучук, бензин	бензин	900
Вулканизация камер	вулканизированная камерная резина	ангидрид сернистый углерода оксид	0,0054 0,0018

5.4.10 Участок ремонта топливной аппаратуры

Обкатку, испытания и регулировку топливоподающей аппаратуры дизельных двигателей производят на специальных стендах.

Удельные выделения загрязняющих веществ g_i в процессах мойки, испытания и регулировки топливной аппаратуры приведены в таблицах 5.35 и 5.36.

Таблица 5.35 – Удельные выделения загрязняющих веществ при мойке деталей топливной аппаратуры

Вид выполняемых работ	Применяемое вещество			Выделяющееся загрязняющее вещество	
	наименование	концентрация, г/л	температура, °С	наименование	удельное количество (g_i), г/с · м ²
Мойка деталей топливной аппаратуры	керосин	100 %	20	керосин	0,443

Таблица 5.36 – Удельные выделения загрязняющих веществ в процессах испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры (на единицу массы дизельного топлива, расходуемого на компенсацию потерь при испытаниях) [21]

Виды выполняемых работ	Применяемые вещества и материалы	Выделяющееся загрязняющее вещество	
		наименование	удельное количество г/кг, (g_i)
Испытание дизельной топливной аппаратуры	дизельное топливо	углеводороды	317
Проверка форсунок	дизельное топливо	углеводороды	788

Максимально разовый выброс загрязняющих веществ (G_i^T) определяется по формуле:

$$G_i^T = (B^l g_i) / (3600 t), \quad (5.82)$$

где t – «чистое время» испытания и проверки в день, час;

B^l – расход дизельного топлива за день, кг.

Контроль за обеспечением производственной экологической безопасностью на участке рекомендуются организовывать, используя технические средства приведенные в таблице 5.37.

Таблица 5.37 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности на участке ремонта и технического обслуживания дизельной топливной аппаратуры

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные значения	
Участок ремонта и обслуживания топливной аппаратуры	1 Электробезопасность (при работе на испытательном стенде и др. оборудовании): -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом МОм	$\leq 5,0$ $\geq 0,5$	Омметр типа М372 Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
	2 Масляный туман (эмульсия ГСМ)	мг/м ³	≤ 5	Газтестер КИ-28066
	3 Температура воздуха	⁰ С	18–20 ⁰ С (холодный период года) 21–23 ⁰ С (теплый период года)	Метеометр БГТА-1 (термометр цифровой)
	4 Пары бензина и дизтоплива (углеводородные соединения)	мг/м ³	≤ 100	Газтестер КИ-28066
	5 Шум	дБ	≤ 80	Измеритель шума и вибрации ВШВ-03 или измеритель уровня звука 00024 (Германия)
	6 Освещенность	лк	≥ 300 (при общем освещении) ≥ 750 (при комбинированном свещении)	Люксметр-117 или Аргус-01
	7 Скорость движения воздуха	м/с	$\leq 0,2$ (холодное время года) $\leq 0,3$ (теплое время года)	Метеометр БГТА-1, анемометр АСО-3
	8 Относительная влажность	%	60–40	Метеометр БГТА-1, психрометр

5.5 Очистка выбросов от технологического оборудования РОП

Наибольшая эффективность в защите воздушной среды от выбросов загрязняющих веществ достигается при одновременном сочетании технологических, санитарно-технических и объемно-планировочных мероприятий [21].

5.5.1 Мероприятия по совершенствованию технологических процессов

Зарядка аккумуляторных батарей:

- покрытие поверхности электролита маслом;
- покрытие открытых аккумуляторов стеклами для сокращения выделений аэрозолей электролита.

Термическая и горячая (кузнечно-прессовые работы) обработка металлов:

- использование электрических печей взамен печей, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе;
- автоматизация режимов горения мазутных и газовых печей при невозможности их замены электрическими;
- использование жидкого топлива (мазута) с содержанием серы не более 0,5 %.

Пайка:

- использование припоев с содержанием свинца не более 70 %;
- применение газа и сжатого воздуха с интенсивностью открытого пламени, обеспечивающей только процесс расплавления припоя и разогрева шва;
- сведение к минимуму применения газовых горелок больших номеров с интенсивным пламенем;
- запрещение использования сжатого воздуха для обдува спаянных или облуженных поверхностей;
- периодическая мокрая уборка помещений.

Нанесение лакокрасочных материалов:

- применение лакокрасочных материалов, не содержащих органических растворителей, жидких безрастворительных материалов (многокомпозиционных

полимерных материалов), порошковых и водоразбавляемых красок, а также красок с высоким содержанием сухого остатка;

- применение современных методов окраски, значительно уменьшающих расход лакокрасочных материалов (окувание, безвоздушное и электростатическое распыление);

- добавление в лакокрасочные материалы эмульсии способствующей улавливанию растворителей;

- возвращение в технологический цикл растворителей после превращения их в жидкость (рекуперация), а в случае сжигания – использование их в качестве дополнительного источника тепловой энергии.

Сжигание топлива в котлоагрегатах:

» использование природного газа, малосернистого мазута, малосернистых и малозольных углей;

» совершенствование процесса сжигания топлива;

» использование реверсивных горелок;

» добавление к топливу присадок, содержащих металлоорганические соединения.

5.5.2 Мероприятия по газоочистке

Для улавливания газов (паров) и аэрозолей применяют различные сухие и мокрые очистные устройства и их комбинации. Выбор очистного устройства зависит от агрегатного состояния улавливаемых вредных веществ, их дисперсного состава и концентрации, физико-химических свойств (плотности, смачиваемости, гигроскопичности, растворимости и др.).

Работа установок очистки газа характеризуется такими показателями, как эффективность (степень) очистки, гидравлическое сопротивление газоочистного аппарата, расходом энергоресурсов, стоимостью установки и очистки. Эти показатели следует учитывать при выборе оптимального варианта очистки.

Очистка вентиляционных и технологических выбросов от вредных веществ может осуществляться следующими способами: механическим (сухим и мокрым), электрическим, термическим, биологическим и др.

Механический способ (сухой) применяется для очистки газа от аэрозолей. Основан на использовании одного или нескольких механизмов осаждения взвешенных частиц: гравитационного, инерционного, центробежного, зацепления, диффузионного, термофореза и некоторых других.

В газоочистных аппаратах используются, в основном первые три механизма осаждения частиц: гравитационный (пылеосадительные камеры), инерционный (инерционные пылеуловители) и центробежный (одиночные, групповые и батарейные циклоны; вихревые и динамические пылеуловители). Часто перечисленные пылеуловители выполняют функцию аппаратов предварительной очистки.

Пылеуловители фильтрационного действия используются для фильтрации газа через пористую перегородку (фильтрующую среду), в результате чего твердые или жидкие частицы, взвешенные в газе, задерживаются в ней, а газ полностью проходит сквозь нее. Фильтры тонкой очистки рекомендуется использовать для улавливания частиц при входной концентрации менее 1 мг/м^3 и скорости фильтрации 10 см/с . Фильтры для очистки атмосферного воздуха используются в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) рекомендуется использовать для очистки газов с входной концентрацией дисперсной фазы до 60 г/м^3 . Эффективность очистки в фильтрах может достигать 95–98 %.

Для улавливания паров органических соединений, токсичных газов рекомендуется использовать адсорберы (вертикальные, горизонтальные и кольцевые). Адсорбционная очистка применяется, когда концентрация вредных веществ в паровоздушных смесях на $2/3$ ниже нижнего предела взрываемости этих веществ и составляет $4\text{--}5 \text{ г/м}^3$.

В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях (при «мокром» механическом способе очистки газа от вредных веществ) чаще всего применяется вода. Рекомендуются следующие мокрые пылеуловители: полые газопромыватели (оросительные устройства, промывные камеры, полые и форсуночные скрубберы); насадочные скрубберы; тарельчатые газопромыватели (барботажные и пенные аппараты); газопромыватели с подвижной насадкой; мокрые аппараты ударно-инерционного действия (ротоклоны); мокрые аппараты центробежного действия; механические газопромыватели (механические скрубберы, динамические скрубберы); скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури, эжекторные скрубберы).

Для абсорбционной очистки газов рекомендуется использовать ротоклоны, скрубберы Дойля, скрубберы Вентури.

Очистка вентиляционного воздуха может осуществляться и с помощью двухзонных электрофильтров. Эффективность улавливания вредных веществ обеспечивается в интервале дисперсности частиц от 0,01 до 100 мкм. Концентрация взвешенных частиц в газе может колебаться от долей г/м³ до 50 г/м³, а температура газового потока может достигать 500 °С.

Термический способ обезвреживания газообразных выбросов подразделяется на: огневое обезвреживание и окисление газообразных органических соединений в присутствии катализатора.

Для первого случая рекомендуется использовать шахтные, камерные, барабанные и циклонные печи сжигания. Огневое обезвреживание экономически оправдано при высоких концентрациях примесей в выбросах. Каталитическое дожигание рекомендуется, когда концентрация вредных веществ 10–50 г/м³. В качестве носителей металлов, применяемых как катализаторы, можно использовать медь, цинк, марганец и др., а также силикагель, пемзу.

5.5.3 Рекомендации по очистке выбросов от оборудования технологических процессов

Зарядка аккумуляторных батарей. При необходимости очистки воздуха от капелек электролита рекомендуется использование фильтров типа ФЯЛ. Фильтры устанавливаются в вентиляционной камере вытяжной установки. Степень очистки – более 95 %. Рекомендуется также применение фильтров типа ФЯУ с фильтрующей тканью из супертонкого стекловолокна СФВУ.

Термическая и горячая (кузнечно-прессовые работы) обработка металлов. Для очистки воздуха от масляного тумана, образующегося при закалке деталей в минеральном масле, рекомендуется применять следующие очистные устройства:

- ротационные масляные фильтры ФРМ;
- высокоскоростные ступенчатые туманоуловители ФМ;
- ячеиковые фильтры ФЯР; ФЯВ; ФЯП; ФЯУ.

Для очистки воздуха от твердых частиц (зола), образующихся при сжигании угля в кузнечных горнах, целесообразно применение блоков циклонов производительностью по газу 6000 м³/ч и эффективностью очистки 85–90 %.

Пайка. Для санитарной очистки аспирационного воздуха от тонкодисперсных аэрозолей соединений свинца применительно к операциям пайки и лужения радиаторных трубок рекомендуется двухступенчатый волокнистый фильтр с производительностью по воздуху 10 000 м³/ч. Первая ступень (грубой очистки) представляет собой кассету с одним слоем иглопробивного пропиленового войлока толщиной 4–5 мм и диаметром 70–80 мм. В качестве второй ступени используется несколько десятков элементов из иглопробивного лавсанового полотна, изготовленного из волокна диаметром 18 мкм.

Скорость фильтрации на первой ступени около 3 м/с, на второй – 0,05–0,06 м/с. Первая ступень регенерируется путем промывания или заменяется.

Нанесение лакокрасочных материалов. Для очистки выбросов от паров растворителей рекомендуется использование термического способа обез-

вреживания (сжигания и катализа). Утилизация тепла при применении этого метода может быть использована для обогрева теплообменников вытяжного, циркуляционного или свежего воздуха в сушильных камерах, отопления цехов, подогрева воды и др.

Для очистки воздуха, удаляемого из краскораспылительных камер, от красочного аэрозоля применяются гидрофильтры (форсуночные; каскадные – с подачей воды на верхнюю плоскость, с переливом воды через борт лотка ванны; барботажно-вихревые (насосные, безнасосные)).

Сжигание топлива в котлоагрегатах. В качестве золоулавливающих устройств рекомендуется применять: блоки циклонов, батарейные циклоны БЦРН и БЦУ; батарейные циклоны с рециркуляцией ЦБР-150У и электрофильтры; рукавные фильтры СМЦ с фильтрующим материалом из стеклоткани или стекловолокна; вихревые пылеотделители (сопловые и лопаточные); зернистые (насыпные) фильтры, которые отличаются стойкостью в условиях высоких температур и при работе в агрессивных средах, могут быть с подвижным и неподвижным зернистым слоем, мокрые пылеуловители (скрубберы Вентури, АКРП) и электрофильтры (при улавливании золы мало-сернистых и высокозольных углей); циклонно-пенные аппараты ЦПА; электрофильтры (при улавливании золы васокосернистых углей); теплоутилизатор - очиститель загрязненных газов ТОЗГ-3.

Обработка древесины. Для механического улавливания древесных отходов (стружки, опилок, пыли) аспирационные системы деревообрабатывающих участков необходимо оснащать центробежными отделителями – циклонами.

В качестве второй ступени очистки рекомендуется применять тканевые пылеуловители (рукавные фильтры).

Ремонт резинотехнических изделий. Для улавливания пыли, образующейся при шероховке покрышек и камер автотракторных шин, подлежащих ремонту, рекомендуется применение конических циклонов.

При необходимости очистки воздуха от паров бензина, выделявшегося на операциях нанесения и сушки глея, рекомендуется применение адсорберов.

Изготовление и восстановление деталей машин с применением полимерных материалов. Рекомендуется применение адсорбционных (динамические фильтры) и абсорбционных очистных аппаратов (скрубберы различных конструкций).

Для сокращения вредных выбросов гальванических цехов рекомендуется применение следующих очистных аппаратов:

- скрубберы различных конструкций;
- пенные аппараты;
- абсорберы;
- ионитные фильтры;
- волокнистые фильтры;
- абсорбционно-волокнистые фильтры комплексного действия.

В качестве фильтрующих элементов используются кассетные фильтры из полимерных материалов: иглопробивной пропиленовый войлок – на операциях никелирования, хромирования, электрохимического обезжиривания; винилпластовые сетки – на операциях травления углеродистой стали и серной кислоте.

Механическая обработка металлов. Для очистки воздуха от масляного тумана образующегося при холодной обработке металлов с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) рекомендуется применение волокнистых ротационных высокоскоростных фильтров и унифицированных установок типа УУП.

Для очистки воздуха от пыли, образующейся при обработке металлов баз охлаждения, рекомендуется применение пылестружкоотсасывающих установок.

В цехах с группами станков или автоматическими линиями рекомендуется применение циклонов ЦН-11, ЦН-15.

Сварка, резка, наплавка и напыление при ремонте и восстановлении узлов и деталей машин. Для очистки вентиляционных выбросов при производстве сварочно-наплавочных работ рекомендуется применение двухступенчатой очистки (с электрофильтром тонкой очистки в качестве второй ступени) и переносных дымоочистителей «Вихрь-2».

5.5.4 Мероприятия по обеспечению санитарно-гигиенических требований

Санитарно-гигиенические мероприятия в комплексе с объемнопланировочными, технологическими и газоочистными должны обеспечивать в рабочей зоне и на рабочих местах:

- поддержание параметров микроклимата соответствующих тяжести выполняемых работ;
- содержание вредных веществ в воздухе не выше соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК).

Для вредных веществ, содержащихся в вентиляционных выбросах после очистки или в неочищенных выбросах при отсутствии технических средств для очистки, концентрации веществ не должны превышать:

- а) в атмосферном воздухе населенных мест соответствующих максимальных разовых, а при их отсутствии – среднесуточных предельно допустимых концентраций;
- б) в воздухе, поступающем внутрь производственных и вспомогательных зданий и сооружений через приемные отверстия систем вентиляции или через проемы для систем приточной вентиляции с естественным побуждением – 30 % предельно допустимых концентраций вредных веществ в рабочей зоне производственных помещений.

Участок по ремонту аккумуляторных батарей.

а) объемно-планировочные решения. Участки (разборки, промывки, ремонта, сборки и заправки аккумуляторных батарей, приготовления электролита, зарядки аккумуляторных батарей) следует размещать в отдельных помещениях.

Помещения зарядки, аккумуляторных батарей должны отделяться от других зданий и помещений глухими несгораемыми пылегазонепроницаемыми стенами и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Участки; не допускается размещать под сырыми производственными помещениями, душевыми, туалетами, ваннами, непосредственно под и над помещениями, в которых длительно может находиться более 50 человек.

Сообщение зарядного помещения с помещениями производства категории А, Б и Е, как правило, не допускается.

Потолки зарядного помещения должны быть горизонтальными и гладкими. Под покрытиями и перекрытиями не должны образовываться застойные участки.

б) характеристика производства:

- помещения – с химически активной средой;
- категория работ – средней тяжести;
- категория производства – Д (помещение разборки, промывки, ремонта, сборки и заправки аккумуляторных батарей; помещение приготовления электролита; помещение зарядки аккумуляторных батарей при зарядке в специальных вытяжных шкафах;
- выделяемые вредные вещества: свинец, щелочь, серная кислота; при зарядке аккумуляторных батарей выделяется также водород, который в количестве выше 4 % в объеме помещения образует с воздухом взрывоопасную смесь.

в) допустимые микроклиматические условия:

- в холодный и переходный периоды года температура 17–23 °С;
- относительная влажность не более 75 %;
- скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

В теплый период года:

- температура не более чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28 °С;
- относительная влажность при 28 °С не более 55 %, при 27 °С не более 60 %, при 26 °С не более 65 %, при 25 °С не более 70 %, при 24 °С и ниже не более 75;

➤ скорость движения воздуха 0,2–0,5 м/с.

з) рекомендации, по устройству вентиляции и расчету воздухообмена.

Воздухообмен определяется из условия разбавления выделяющихся вредных веществ до соответствующих предельно допустимых концентраций с выполнением проверочного расчета по водороду с тем, чтобы его концентрация в воздухе помещения не превышала 5 % нижнего предела взрываемости.

Вентиляционная система зарядного помещения должна обслуживать только зарядное помещение, при этом вытяжные вентиляторы должны иметь взрывозащищенное исполнение.

Если потолок помещения разделен балками на отсеки и имеет наклон, то должна быть предусмотрена вытяжка воздуха соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства под потолком.

Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до потолка должно быть, не более 100 мм, а от нижней кромки нижних вентиляционных отверстий до пола – не более 300 мм.

При зарядке в специальных вытяжных шкафах скорость воздуха в рабочем проеме должна быть в пределах 0,5–0,7 м/с.

Помещения кислотных и щелочных аккумуляторных батарей должны иметь отдельные приточно-вытяжные устройства. Включение вентиляции в дымоходы или в общую систему вентиляции здания запрещается. Аварийная вентиляция не предусматривается.

В схеме управления и автоматики аккумуляторной батареи должна быть предусмотрена блокировка для отключения зарядного тока при полном прекращении работы вытяжной вентиляции.

Количество водорода выделяющегося из тяговых кислотных или щелочных аккумуляторов во время зарядки, определяется по формуле:

$$V_{H_2} = 0,2jt, \quad (5.83)$$

где V_{H_2} – количество водорода, л;

j – наибольший зарядный ток, А,

t – время зарядки, ч.

В помещениях приготовления электролита проектируется вытяжная вентиляция, обеспечивающая двукратный воздухообмен в час. Вытяжные отверстия должны быть на расстоянии 0,3 м от пола.

Термические, кузнечные (кузнечно-прессовые) участки:

а) объемно-планировочные решения. Термические и кузнечные, участки следует размещать в отдельных помещениях или в одном помещении с участками сварочно-наплавочным, медницко-радиаторным.

Наружные стены здания должны быть свободными от пристроек в местах расположения тепловыделяющего оборудования.

б) характеристика производства:

- помещение – жаркое;
- категория работ – тяжелая;
- выделяемые вредные вещества – пыль, сернистый ангидрид, окись углерода, двуокись азота, масляный туман, аэрозоль расплава солей.

в) допустимые микроклиматические условия. Холодный и переходный периоды года:

- температура 13–19 °С;
- относительная влажность не более 75 %;
- скорость движения воздуха не более 0,5 м/с.

Теплый период года:

- » температура не более чем на 5 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 26 °С.
- » относительная влажность при 26 °С не более 65 %, при 25 °С не более 70 %, при 24°С ниже не более 75 %;
- » скорость движения воздуха 0,5–1,0 м/с.

г) рекомендации по устройству вентиляции и расчету воздухообмена.

Объема воздуха удаляемого панелями равномерного всасывания, следует определять исходя из скорости всасывания в рабочем сечении отсосов, которая должна быть не менее 4,5 м/с.

Запрещается совмещение в одной вентиляционной системе вентиляционных устройств обслуживающих посты пайки, а другое производственное оборудование. Применение рециркуляции воздуха в помещениях пайки не допускается.

Перечень контролируемых параметров по обеспечению производственной и экологической безопасности при выполнении медницко-жестяницких работ приведены в таблице 5.38.

Таблица 5.38 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств по обеспечению производственной и экологической безопасности на производственном участке (рабочем месте) выполнения медницко-жестяницких работ

Контролируемый параметр			Средство контроля
наименование	ед. изм.	нормативные значения	
1 Электробезопасность: -сопротивление заземляющих проводов; -сопротивление изоляции электроустройств	Ом МОм	$\leq 5,0$ $\geq 0,5$	Омметр типа М372 Мегаомметр ф4102/1-м (или аналогичный)
2 Загазованность: -CO -CO ₂ -NO ₂ -SO ₂ -HCL	мг/м ³	≤ 20 ≤ 20 ≤ 5 ≤ 10 ≤ 5	Газтестер КИ-28066
3 Содержание пыли в воздухе	мг/м ³	≤ 6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», «Приз-2» и др.)
4 Пары серной кислоты и щелочи	мг/м ³	$\leq 0,5$	Газтестер КИ-28066
5 Водородные соединения	мг/м ³	≤ 1	Газоанализатор водорода
6 Ацетон	мг/м ³	≤ 200	УСГ-4
7 Толуол, ксилол	мг/м ³	≤ 50	Газтестер КИ-28066
8 Освещенность	лк	≥ 150 (при общем освещении)	Люксметр Ю-117 (Аргус-01 или др.)
9 Уровень шума оборудования	дБ	≤ 85	ВШВ-03-М2 (измеритель уровня звука 00024)
10 Скорость движения воздуха	м/с	$\leq 0,3$	Метеометр БГТА-1 (анемометр АСО-3)

Окрасочные участки:

а) объемно-планировочные решения. Окрасочные участки следует размещать в следующих отдельных помещениях:

- » бескамерной окраски;
- » окраски в камерах;
- » приготовления лакокрасок.

В многоэтажных зданиях окрасочные участки необходимо размещать на верхних этажах. При высоте производственного помещения более 8 м от пола до низа ферм, главных балок, ригелей и т. п. допускается окрасочный участок выгораживать стенами не на полную высоту, но не ниже 5 м. Расстояние от верха стен до открытых проемов окрасочных камер или установок должно быть не менее 2 м. Внутренние поверхности стен помещений на высоте не менее 2 м должны быть облицованы несгораемым материалом, допускающим легкую очистку от загрязнений. Помещения приготовления лакокрасок следует располагать в изолированном помещении у наружной стены с оконными проемами. Также должен быть предусмотрен самостоятельный эвакуационный выход. Вентиляционное оборудование необходимо размещать в вентиляционных камерах. Не допускается устанавливать в одной камере вентиляторы приточных и вытяжных систем (совместно), а также вытяжные вентиляторы, обслуживающие другие производства. Приточные, вентиляторы, обслуживающие окрашенные участки, допускается устанавливать совместно с вентиляторами, обслуживающими другие, производства. Устройство подпольных приточных и вытяжных вентиляционных каналов не допускается, за исключением каналов для камер с нижним отсосом и установок бескамерной окраски на решетках в полу.

Вентиляционное оборудование и воздуховоды приточных и вытяжных систем должны быть надежно заземлены.

б) характеристика производства:

- помещения – нормальные. При размещении на участке оборудования по подготовке поверхностей и окраске – влажные;

- категория работ – средней тяжести;
- категория производства:
- при использовании растворителей с температурой вспышки паров до 28 °С включительно – А;
- при использовании растворителей с температурой вспышки паров от 29 °С до 61 °С включительно – Б.

В случае, когда окрасочное оборудование камеры по условиям технологического процесса расположено в общем потоке производства, на участке, не отгороженном стенами, этот участок следует считать взрывопожароопасным или пожароопасным в радиусе 5 м от открытых проемов, если общая площадь занимаемая окрасочным оборудованием не превышает 200 м², или 10 % площади основного помещения.

При бескамерной окраске изделий в общем технологическом потоке на открытых площадках, оборудованных в полу решетками, следует считать:

- взрывопожароопасным или пожароопасным пространство в радиусе 5 м от края решеток и 5 м от окрашиваемых изделий по высоте, причем площадь решеток не должна превышать 200 м², или 10 % общей площади этого помещения;
- выделяемые вредные вещества: бутиловый спирт, бутилацетат этилацетат, этиловый спирт, толуол, циклогексанон, ацетон, сольвент, фенол, красочный аэрозоль;

растворители: № 645, № 646, № 648, Р4, РС-2.

в) допустимые микроклиматические условия:

- холодный и переходный периоды года:
- температура 17–23 °С;
- относительная влажность не более 75 %;
- скорость движения воздуха не более 0,3 м/с;
- теплый период года:
- температура не более 28 °С;
- относительная влажность (при 28 °С) не более 55 %;

- скорость движения воздуха 0,2–0,5 м/с.

з) рекомендации по устройству вентиляции и расчету воздухообмена.

Воздухообмен определяется количеством воздуха, удаляемого местными отсосами, которое компенсируется притоком, подаваемым непосредственно в окрасочные камеры и технологические установки и (или) в помещение.

При кратности воздухообмена помещения окраски до 5 ч⁻¹ следует дополнительно предусмотреть вытяжку из верхней зоны (непосредственно из-под кровли) из расчета однократного воздухообмена преимущественно над источниками тепла (сушильными камерами).

Для помещений высотой более 6 м объем удаляемого воздуха из верхней зоны допускается определять из расчета 6 м³/ч на 1 м² площади пола помещения.

При осуществлении вытяжной вентиляции на участке с помощью только одной постоянно действующей местной или общеобменной системы необходимо предусматривать резервный вентиляционный агрегат, заблокированный с рабочим и автоматически включающийся при остановке рабочего вентилятора.

Приточные вентиляционные системы оборудуются автоматическими обратными клапанами, устанавливаемыми на нагнетательных воздуховодах в пределах вентиляционной камеры. Вентиляционные агрегаты окрасочных камер должны быть заблокированы с устройствами подающими лакокрасочный материал или сжатый воздух к краскораспылителю.

Окраска в камерах мелких изделий.

Объемы воздуха удаляемого от камер определяются из данных, приведенных в таблице 5.39.

Таблица 5.39 – Окраска мелких изделий

Способы нанесения лакокрасочного материала	Применяемые лакокрасочные материалы	Скорость воздуха в рабочем проеме, м/с
1 Ручной: кистью, окунание, облив и т. п.	Содержащие ароматические углеводороды	1,0
	Не содержащие ароматические углеводороды	0,5
2 Пневматическое распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1,3
	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	1,0
3 Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	0,7
	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	0,6
4 Безвоздушное электростатическое распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	0,5
	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	0,4
5 Пневмоэлектростатическое и центробежное распыление	Различные	0,4
6 Автоматизированные: окунание, облив и т. д.	Различные	0,4–0,5

Окраска изделий средней величины в камерах с горизонтальным движением воздуха (с боковым отсосом)

Габариты камер определяются габаритами окрашиваемых изделий и технологией окраски. Камеры могут быть проходными и тупиковыми.

В проходных камерах предусматривается один рабочий и два транспортных проема. Ширина рабочего проема принимается не менее 1600 мм. Верхняя кромка рабочего проема располагается на 400–600 мм выше окрашиваемого изделия.

Размеры транспортных проемов зависят от габаритов окрашиваемых изделий и зазоров по контуру изделий, принимаемых равными 100–150 мм.

В тупиковых камерах предусматривается один проем (рабочий, он же транспортный) с минимальными размерами 1600×1600 мм.

Удаление воздуха от камер производится через гидрофильтр, воздухоприемное отверстие которого располагается против рабочего проема ка-

меры за окрашиваемым изделием на высоте 700–800 мм от пола. Стенка камеры над воздухоприемным отверстием орошается водой, представляя собой «водяной экран».

Окраска крупных изделий в камерах с вертикальным движением воздуха (с нижним отсосом)

Объемы удаляемого воздуха определяются, исходя из удельных расходов воздуха на 1 м² площади пола камеры (таблица 5.40).

Таблица 5.40 – Удельные объемы воздуха на 1 м² площади пола камеры для окраски крупных изделий с нижним отсосом

Способ нанесения материалов	Применяемые лакокрасочные материалы	Удельный объем воздуха на м ² площади пола камеры, м ³ /ч.м. ²
1. Пневматическое распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	2200
	Не содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1800
2. Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1500
	Не содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1200

Фильтрующий материал закладывается в специальные кассеты. В качестве фильтрующего материала может быть использовано стекловолокно слоем не менее 20 мм и гидравлическим сопротивлением 5–6 кг/м² при удельном расходе воздуха 2 000 м³/ч на 1 м² слоя, а также ячейковые фильтры.

Бескамерная окраска на стенде.

Стенд бескамерной окраски включает в себя напольную вытяжную решетку, подрешеточное пространство и гидрофильтр и может быть использован при окраске изделий высотой до 2 м лакокрасочными материалами, не содержащими свинцовых соединений.

Напольная решетка должна превышать габариты окрашиваемых изделий на 300 мм по периметру. При этом меньшая сторона решетки должна составлять не менее 1,35 высоты окрашиваемых изделий.

Объемы воздуха, удаляемого через напольную решетку, определяются, исходя из удельных расходов воздуха на 1 м² габаритной площади решетки (таблица 5.41).

Таблица 5.41 – Удельные объемы воздуха на 1 м² площади напольной решетки при бескамерной окраске

Способ нанесения материала	Удельный объем воздуха на 1 м ² площади решетки, м ³ /ч.м ²
1. Пневматическое распыление	2200–2500
2. Безвоздушное распыление	1350–1700
3. Гидроэлектростатический	900–1100
4. Пневмоэлектростатический	< 900

Окрасочный стенд должен иметь самостоятельный комплект вентиляционного оборудования, работа которого блокируется работой системы подачи краски в краскораспределители и системы водоснабжения гидрофильтра.

Для контроля концентрации взрывоопасных веществ следует предусматривать сигнализаторы, размещаемые в подрешеточном пространстве на высоте 0,5 м от пола. Сигнализаторы должны быть настроены на концентрацию 20 % от нижнего предела взрываемости и заблокированы с обслуживающим вентиляционным оборудованием.

Электростатическая окраска в камерах. Объем воздуха, удаляемого из помещения, определяется из условия предотвращения прорыва загрязненного воздуха в помещение через транспортные проемы камеры (скорость воздуха в проемах 0,4–0,5 м/с). Этот объем воздуха одновременно должен быть достаточным для обеспечения концентрации паров растворителей в удаляемом воздухе из более 20 % нижнего предела взрываемости.

Приточный воздух подается в верхнюю зону камеры так, чтобы скорость воздуха в зоне краскораспылителей не превышала 0,5 м/с.

Окраска струйным обливом и окунанием. Установки окраски оборудуются двумя самостоятельными вентиляционными системами: рециркуляционной и системой воздушных затворов.

Производительность рециркуляционной системы определяется из расчета 20-кратного внутреннего объема установки. Производительность системы

воздушных затворов рассчитывается, исходя из скорости воздуха в транспортных проемах, равной:

Окраска в установках электроосаждения. Установки электроосаждения оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией.

Приточный воздух, предварительно очищенный от пыли и подогретый до температуры помещения, подается в верхнюю зону. Объем приточного воздуха принимается в размере 75 % от объема вытяжного воздуха.

5.6 Очистка сточных вод

Методы очистки сточных вод весьма разнообразны и предопределяются физико-механическими, физическими, химическими и микробиологическими (биологическими) характеристиками содержащихся в них примесей. Наиболее распространена следующая классификация методов очистки [10].

1 Методы механической очистки (от взвешенных веществ).

2 Физико-химические методы очистки (от коллоидно-дисперсных и истинно растворенных примесей).

3 Химические методы очистки (от истинно растворенных примесей).

4 Биологические методы очистки (от органических веществ).

Эффективность и надежность работы любого очистного устройства обеспечиваются в определенном диапазоне значений концентрации примесей и расхода сточной воды. Во временном графике технологических процессов могут быть значительные изменения, сопровождаемые изменением расхода сточных вод, состава и концентрации примесей. В таких случаях необходимо усреднение концентрации примесей и расхода сточной воды. С этой целью на входе в очистные сооружения устанавливают усреднители, выбор и расчет которых определяется характером изменения во времени расхода стоков, состава и концентрации примесей.

Последовательность этапов очистки стоков можно представить следующим образом [10]:

1) усреднение стоков. Осуществляется не только на начальном этапе (при

очистке от грубодисперсных примесей), но и на всех последующих этапах, где имеется неравномерность состава и расхода стоков и целесообразно слияние близких по составу стоков перед очередным этапом очистки;

2) очистка от грубодисперсных веществ. Устанавливаются решетки, песколовки, отстойники, аппараты, основанные на отделении твердых примесей в поле действия инерционных сил (флотация).

3) очистка от коллоидно-дисперсных примесей (коагуляция, электрокоагуляция);

4) регулирование кислотности (щелочности) стоков, например, с помощью известкования (нейтрализация);

5) фильтрование на зернистых насыпных, например, песчано-гравийных фильтрах – для очистки от тонкодисперсных примесей (частиц), имевшихся в исходных стоках или образовавшихся на предыдущих этапах очистки;

Совокупность предыдущих этапов очистки стоков в отечественной специальной литературе часто называют предочисткой. Она важна и сама по себе, и для осуществления последующих этапов очистки – от истинно растворенных примесей в виде отдельных ионов, молекул или комплексов молекул.

6) очистка стоков от молекулярных примесей, например, путем дегазации, адсорбции, экстракции;

7) очистка от вредных веществ, находящихся в стоках в ионном состоянии: перевод ионов в малодиссоциирующие соединения; нейтрализация; окисление; образование комплексных ионов и перевод их в малорастворимое состояние; ионитная фильтрация (ионный обмен); сепарация ионов при изменении фазового состояния воды, например, дистилляция; ультрафильтрация; электродиализ; воздействие магнитных и акустических полей и др.;

8) повторное фильтрование – для очистки стоков от дисперсных примесей, образовавшихся на этапах очистки от истинно растворенных примесей, а также обезвреживание (дезинфекция) очищенных стоков от патогенных организмов (микроорганизмов);

9) биологическая очистка применяется для очистки стоков от органических примесей: сточные воды пропускаются через устройства (аэротенки,

например), насыщенные мощными колониями специально подобранных микроорганизмов, которые извлекают органические вещества из стоков для питания и, таким образом, минерализуют органические примеси. Для интенсификации процессов стоки обогащаются кислородом (окситенки). С помощью устройств и сооружений биологической очистки процесс минерализации выносятся за пределы водоема.

Контроль качества воды водоемов осуществляется периодическим отбором и анализом проб воды из поверхностных водоемов, не реже одного раза в месяц. Количество проб и места их отбора определяют в соответствии с гидрологическими и санитарными характеристиками водоема. При этом обязателен отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению для рек и каналов; для озер и водохранилищ – на расстоянии 1 км от водозабора в двух диаметрально расположенных точках [10]. Наряду с анализом проб воды в лабораториях используют автоматические станции контроля качества воды, которые могут одновременно измерять до 10 и более показателей качества воды. В таблице 5.42 приведены качественные характеристики некоторых типовых систем для контроля качества поверхностных и сточных вод.

На очистных сооружениях предприятий осуществляют контроль состава исходных и очищенных сточных вод, а также контроль эффективности работы очистных сооружений, контроль, как правило, осуществляется один раз в 10 дней.

Пробы сточной воды отбираются в чистую посуду из боросиликатного стекла или полиэтилена. Анализ проводится не позже чем через 12 часов после отбора пробы. Для сточных вод измеряются органолептические показатели: рН, содержание взвешенных веществ, химическое потребление кислорода (ХПК), количество растворенного в воде кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК), концентрации вредных веществ, для которых существуют нормируемые значения ПДК.

Таблица 5.42 – Качественные характеристики некоторых систем для контроля качества поверхностных и сточных вод [10]

Система (лаборатория, комплекс)	Область применения
1 Гидрохимическая лаборатория ГХЛ-66	Физико-химический анализ состава и свойств природных и сточных вод.
2 Лаборатория анализа воды ЛАВ-1	Определение качества питьевой воды, воды водоемов, состава сточных вод и содержания в
3 Комплекс технических средств автоматизированной системы контроля загрязнения поверхностных	Автоматическое определение и запись физико-химических параметров поверхностных вод, в их числе концентрации CL_2 , F_2 , Cu , Ca , Na , фосфатов, нитритов.

Контролируются два органолептических показателя воды при анализе сточных вод: запах и цвет. Величина рН в сточных водах определяется электрометрическим способом.

При определении грубодисперсных примесей в стоках измеряется массовая концентрация механических примесей и фракционный состав частиц. Для этого применяют специальные фильтроэлементы и измерение массы «сухого» осадка.

Величина химического потребления кислорода (ХПК) характеризует содержание в воде восстановителей, реагирующих с сильными окислителями, и выражается количеством кислорода, необходимым для окисления всех содержащихся в воде восстановителей.

БПК – количество кислорода (в миллиграммах), необходимое для окисления в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов органических веществ, содержащихся в 1 л сточной воды, определяется по результатам анализа изменения количества растворенного кислорода с течением времени при 20 °С. Чаще всего используют пятисуточное биохимическое потребление кислорода.

Измерение концентрации вредных веществ, для которых установлены ПДК, проводят на различных ступенях очистки, в том числе перед выпуском воды в водоем.

5.7 Расчет выбросов от перерабатывающих и животноводческих предприятий

5.7.1 Цеха технических фабрикатов

Массовый выброс M (г/с) зависит от количества котлов, одновременно работающих в режиме сушки сырья, и рассчитывается по формуле:

$$\dot{M} = (kn_1 + \frac{kn_2}{\alpha_2})10^{-3}, \quad (5.84)$$

где k – удельный показатель выбросов вредного вещества, поступающего в атмосферу в процессе выработки конкретного типа кормовой муки [24], мг/с;

n_1 – количество котлов типа КВМ-4,5А, работающих одновременно в режиме сушки и вырабатывающих определенный тип кормовой муки;

n_2 – количество котлов типа ЖЧ-ФПА работающих одновременно в режиме сушки и вырабатывающих определенный тип кормовой муки;

α_2 – коэффициент пересчета удельного показателя для котлов ЖЧ-ФПА.

Принимается для каждого типа кормовой муки (таблица 5.43).

Годовой массовый выброс (M_{Γ}) рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\Gamma} = (K_1 \Pi_1 \alpha_1 + K_2 \Pi_2 \alpha_1 + \dots + K_i \Pi_i \alpha_1) 10^{-6}, \quad (5.85)$$

где K_i – удельный показатель выбросов для данного типа кормовой муки, мг/с;

Π_1, Π_2 – производительность цеха по данному виду кормовой муки, т/год;

α_1 – коэффициент пропорциональности, для учета неравномерности выделения вредных веществ при производстве кормовой муки донного типа [24].

Расчет выбросов при производстве продуктов питания и потребления проводится по формуле:

$$B = \Pi K, \quad (5.86)$$

где P – количество произведенной продукции ;

K – концентрация вредного вещества, образующегося на единицу произведенной продукцией или потребленного сырья (таблица 5.44)

5.7.2 Содержание сельскохозяйственных животных и птиц

Расчет валовых выбросов проводится по формуле:

$$M_i = C_i V t 10^{-9}, \quad (5.87)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в удаляемом воздухе из помещений (таблица 5.45–5.46);

V – объем газо-воздушной смеси, удаляемой из помещений,

t – время работы вентиляции, ч/год.

Число животных для расчетов принимается на конец месяца. Время нахождения КРС в помещениях в латный период – 8 ч/сут.

Таблица 5.43 – Технологические параметры процесса получения сухих кормов в вакуум-выпарных аппаратах КВМ-4,6А и ЖЧ-ФПА

Вид полученной кормовой муки	Исходное сырье для производства сухих животных кормов	Масса сырья, загружаемого в вакуум-выпарной аппарат		Выход кормовой муки за один цикл работы аппарата		Общая продолжительность одного цикла работы аппарата	Параметры режима сушки разваренного сырья		
		КВМ, 4,6А	ЖЧ-ФПА	КВМ 4,6А	ЖЧ-ФПА		продолжительность	разрежение в аппарате	температура
Мясокостная мука	1с Жировое сырье + сырая кость (25 %)	2100+700	1350+450	532	333	4,5	3,5	60	75
	2с Жиросодержащее сырье + сырая кость (30 %)	1960+840	1050+450	560	352	4,5	3,5	60	75
	3с Нежиросодержащее сырье + сырая кость (30 %)	1600+720	910+390	500	313	4,5	3,5	60	75
Мясная мука	3с Нежиросодержащее сырье + сырая кость (5 %)	2160+240	1170+130	480	300	4,5	3,5	60	75
Кровяная мука	Сырая кровь + кость (5 %)	1425+75	1140+60	255	212	4,0	3,0	60	75
	Коагулированная кровь + кость (5 %)	950+50	760+40	310	248	4,0	3,0	60	75
Костная мука	Сырая кость + вода	1200+500	800+340	516	344	4,0	1,5	60	75
	Вываренная кость + вода	850+400	500+300	510	300	2,0	1,2	36	87
	Кость-паренка + вода	700+600	400+300	455	270	2,0	1,2	36	87
Каратиновая мука	Рогокопытное сырье + вода	1000+400	500+250	750	375	9,0	4,0	33	75
	Перопуховые отходы + вода	400+1400	220+770	368	184	6,5	3,5	60	75

Таблица 5.44 – Концентрация выбросов вредных веществ животного происхождения от оборудования и из помещений цеха технических фабрикатов

Источник выброса пыли	Концентрация К, г/м ³
Технологические выбросы:	
-от вакуум-выпарных аппаратов (несконденсировавшаяся часть соковых паров)	0,2
-от сушилок технической крови (отработанный сушильный воздух после технологических аппаратов).	0,5
Вентиляционные выбросы систем местного отсоса воздуха:	
-от загрузочной горловины вакуум-выпарного котла	0,1
-от разгрузочного люка вакуум-выпарного котла и статического отцеживания шквары	0,2
-от силового измельчителя (волчка-дробилки) мясокостного сырья	0,5
-от установки дробления (молотковой дробилки шквары)	5,0
От машины для просеивания кормовой муки:	
-сито-бурат	2,0
-вибросито	10,0
-от весового дозатора кормовой муки и мелкозашивочной машины	3,0
Вентиляционные выбросы систем общеобменной вентиляции:	
-помещений аппаратного отделения	0,04
-помещений сырьевого отделения	0,02
-помещений участка дробления и просеивания муки	0,1
-помещений участка затаривания муки	0,1
-помещений склада готовой продукции	0,08

Таблица 5.45 – Исходные концентрации вредных веществ в вытяжном и приточном воздухе животноводческих и птицеводческих помещений, Св, Сн

№ п/п	Наименование помещений	Концентрация пыли в вытяжном воздухе, мг/м ³		Ориентировочное количество микробных тел в воздухе, тыс./м ³		Концентрация газов в вытяжном воздухе, мг/м ³	
		холодный период	теплый период	вытяжной воздух	приточный воздух	аммиак	сероводород
1.	Помещение для привязного и беспривязного (боксового) содержания молодняка старше года	0,8*–1,0	1,2–1,5	70	21	11–35	–
2.	Родильное отделение	0,5	1,0	50	15	20	–
3.	Профилакторий для телят в возрасте до 20 дней	0,5	1,0	20	6	Следы	Следы
4.	Помещение для выращивания телят в возрасте от 20 до 60 дней	0,5	1,0	40	12	8–15	То же
5.	Помещение для доразивания телят в возрасте от 60 до 120 дней	0,8	1,2	40	12	7–23	"
6.	Помещение для молодняка в возрасте от 5 до 15 месяцев	1,0–1,5	1,5–2,0	70	21	15–25	"
7.	Помещение для телок старше года и нетелей'	1,0	1,5	70	21	10–20	"
8.	Помещение для хряков-производителей и глубокосупоросных маток	0,5	1,0	60	18	15–20	"
9.	Помещение для холостых легкосупоросных маток	0,8	1,2	300	90	18–22	"
10.	Помещение для подсосных маток с поросятами	0,8	1,2	40	12	18–22	"

Окончание таблицы 5.45

№ п/п	Наименование помещений	Концентрация пыли в вытяжном воздухе, мг/м ³		Ориентировочное количество микробных тел в воздухе, тыс./м ³		Концентрация газов в вытяжном воздухе, мг/м ³	
		холодный период	теплый период	вытяжной воздух	приточный воздух	аммиак	сероводород
11.	Помещение для поросят отъемышей	0,8	1,2	150	45	15–25	следы
12.	Помещение для ремонтного молодняка	1,0	1,5	150	45	15–25	То же
13.	Помещение для откорма свиней	1,0–1,5	2,0–3,0	80	24	20–40	10–15
14.	Изолятор	0,5	1,0	100	30	10–15	следы
15.	Карантинное помещение	0,5	1,0	150	45	10–15	То же
16.	Инкубационный зал	0,5	1,0	30	9	–	"
17.	Выводной зал инкубатория	1,0	1,5	50	15	–	"
18.	Помещения для цыплят в возрасте: 1–30 дней 31–60 дней	1,0	2,5	60	20	–	"
		2,0	5,0	150	45	5–10	
19.	Помещение для птиц в возрасте 61–140 дней	3,0	5,0	180	54	20	"
20.	Помещение для содержания бройлеров на глубокой подстилке в возрасте 1–65 дней	3,0	5,0	180	54	10–20	"
21.	Помещение для кур-несушек промышленного стада	3,0	5,0	220	66	20	"
22.	Помещение для кур-несушек родильного стада	3,0	10,0	300	90	20	"

* Минимальное значение концентрации пыли относится к влажному типу кормления; максимальное – к сухому.

Таблица 5.46 – Удельные показатели выбросов птицефабрик

Наименование вещества	Птицефабрика яичного направления				Птицефабрика мясного направления			
	на 100 тыс. кур-несушек, содержащихся в год		на 1 млн. штук яиц, производимых в год		На 1 млн. штук бройлеров, выращиваемых за год		На 1000т мяса бройлеров, производимого в год	
	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год
Аммиак	0,250	1,780	0,010	0,073	0,200	4,280	0,135	2,820
Сероводород	1,100	0,830	0,004	0,034	0,050	1,300	0,032	0,860
Пыль	0,36	2,980	0,015	0,123	0,300	2,600	,0190	1,660

Валовой сброс загрязняющих веществ в воздухе помещений для содержания животных может быть определен по формуле:

$$B = C V t \cdot 10^{-9}, \quad (5.88)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества, мг/м³ (таблица 5.47);

V – объем газо-воздушной смеси, удаляемой системами вытяжной и естественной вентиляции, м³/ч;

t – время работы систем вентиляции, ч/год.

Таблица 5.47 – Концентрация отдельных компонентов в воздухе помещений для содержания животных

Компоненты	Стойловые помещения свинооткормочных комплексов, мг/м ³	Помещения для содержания КРС, мг/м ³
Фенол	0,05	0,01
<i>n</i> -крезол	0,04	0,023
Уксусная кислота	6,7	0,173
Пропионовая кислота	1,1	0,109
<i>n</i> -масляная кислота	0,7	0,114
изо-масляная кислота	0,16	0,026
<i>n</i> -валериановая кислота	0,88	0,021
<i>n</i> -капроновая кислота	0,01	–

5.7.3 Мясоперерабатывающие цеха

а) Опалочное отделение. Расчет выбросов вредных веществ от стандартного опалочного оборудования мясоперерабатывающего цеха проводят по формуле:

$$M_c = n_1 k_1 + n_2 k_2 + n_n k_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.89)$$

где M_C – суммарный массовый выброс вредного вещества от стандартного оборудования, г/с;

k_1, k_2, k_n – удельные показатели выбросов вредного вещества от стандартного опалочного оборудования различных типов [24], мг/с;

n_1, n_2, n_n – количество единиц опалочного оборудования различного типа, имеющегося на предприятии, шт;

В случае использования для опалки нестандартного, модернизированного или устаревшего оборудования расчет массовых выбросов вредных веществ следует вести на основании таблиц по формуле:

$$M_{н.т} = \frac{K_H \dot{I}}{3600} + \frac{\hat{E}_0 \hat{A} b}{3600}, \quad (5.90)$$

где $M_{н.т}$ – массовый выброс от нестандартного, модернизированного или устаревшего оборудования, г/с;

K_H – удельный показатель выброса вредного вещества на единицу опаливаемого сырья (таблица 5.48);

\dot{I} – часовая производительность нестандартного оборудования по опаливаемому сырью (гол/ч; кг/ч);

K_T – удельный показатель выброса вредных веществ на единицу сжигаемого топлива (таблица 5.49);

B – максимальный часовой расход топлива на опалку (кг/ч; м³/ч);

b – коэффициент, учитывающий неполноту сгорания топлива; $b = 1,25$ для устаревшего оборудования; $b = 1,2$ для модернизируемого оборудования и нестандартного; $b = 1$ для импортного и стандартного оборудования, не включенного в таблицу.

Общий массовый выброс M вредных веществ определяют как сумму выбросов от всех видов оборудования (г/с):

$$M = M_C + M_{н.т}, \quad (5.91)$$

Годовой выброс вредных веществ M рассчитывают с учетом продолжительности работы T отдельно по каждому виду оборудования.

Таблица 5.48 – Удельные выбросы K_H вредных веществ на единицу обрабатываемого сырья для опалочных отделений

Вид сырья	Ед. изм.	Двуокись азота O_2	Окись углерода CO	Сернистый ангидрит O_2	Аммиак	Тв. частицы (сажа)
Свинные туши	г/тушу	8,7	18,2	2,0	4,0	10,0
Свинные головы	г/голову	0,8	1,7	1,1	0,3	0,9
Бараньи головы	г/голову	0,5	0,8	0,7	0,2	0,6
Тушки птиц	г/тушку	0,1	0,2	0,15	0,04	0,12
Шерстные субпродукты	г/кг сырья	0,2	0,4	0,3	0,1	0,25

Таблица 5.49 – Удельные показатели K_T выбросов вредных веществ от сжигания топлива

Вид топлива	Ед. изм.	Двуокись азота O_2	Окись углерода CO	Сернистый ангидрит O_2	Углеводород CH	Тв. частицы (сажа)
Газ	г/м ³	2,15	12,9	–	–	–
Керосин (бензин)	г/л	2,0	37,0	–	65,0	1,5
Мазут	г/кг	2,57	37,7	30,5	–	5,8

б) Термическое отделение. Расчет выброса M проводят по формуле:

$$M = (n_1 k_1 + n_2 k_2 + \dots) 10^{-3}, \quad (5.92)$$

где k_1, k_2 – удельные показатели выбросов вредных веществ отдельных типов оборудования;

n_1, n_2 – количество дымогенераторов данного типа.

Годовой выброс вредных веществ рассчитывают с учетом продолжительности работы оборудования (таблица 5.50).

в) аммиачные компрессорные. Единственным загрязняющим компонентом, поступающим в атмосферу от технологического оборудования компрессорной, является аммиак. Утечка из системы охлаждения происходит при наличии неплотностей в кожухах компрессоров и в местах соединения трубопроводов. Пары аммиака поступают в воздух рабочей зоны, а затем вместе с вентиляционным воздухом компрессорной выбрасываются в атмосферу. Технологических выбросов аммиака не имеется.

Таблица 5.50 – Технологические параметры процессов термической обработки

Вид сырья	Технологический процесс	Температура дыма, °С	Продолжительность
Сырокопченые колбасы	Холодное копчение	18–22	5–7 суток
Полукопченые колбасы	Горячее копчение	35	24 часа
Варено-копченые колбасы	Горячее копчение	50	12 суток
	Горячее копчение	30–35	48 часов
	Горячее копчение	45–50	24 часа
Сосиски и сардельки	Обжарка	70–120	0,5 часа
Корейки и грудки	Обжарка	75–85	7 часов
Окорока	Обжарка	70–120	12 часов
Мясные хлеба	Запекание в дыму	70–150	3,5 часа
Копченые-запеченные окорока	Запекание в дыму	70–120	19 часов
Колбасы в широкой оболочке	Обжарка	70–120	3,5 часа

Для обеспечения безопасных условий труда в компрессорных действуют системы приточно-вытяжной вентиляции. Производительность вентиляторов рассчитывается из условия обеспечения в производственных помещениях концентрации аммиака, не превышающей предельно допустимую концентрацию (ПДКр.з. = 20 мг/м³). Для расчета массового выброса аммиака из помещений компрессорной необходимо исходить из производительности вытяжной вентиляции. Приняв концентрацию аммиака в выбрасываемом вентиляционном воздухе $C_{NH_3} = 20$ мг/м³, расчет выброса M производится по формуле:

$$M_{CH_3} = \frac{\tilde{N}_{NH_3} Q_B}{10^3 \times 3600}, \quad (5.93)$$

где M – максимальный выброс, г/с;

Q_B – производительность вентиляционной вытяжной системы, м³/ч;

C_{NH_3} – максимально возможная концентрация аммиака в выбросах вентиляционной системы, ($C_{NH_3} = 20 \text{ мг/м}^3$).

Расчет годового выброса аммиака M следует проводить с учетом реальных данных о потерях аммиака, которые приравниваются количеству хладагента, ежегодно добавляемому в систему охлаждения. Расчет максимального годового выброса аммиака производится с учетом годовой продолжительности работы аммиачной компрессорной и системы вентиляции помещения. Максимальный выброс рассчитывают в предположении, что в помещении компрессорной концентрация аммиака постоянно равна ПДКр.з. В случае, если расчетный массовый выброс меньше количества аммиака добавляемого в год в систему охлаждения, то на предприятии необходимо провести организационно-технические мероприятия по обеспечению его нормативной концентрации в воздухе рабочей зоны компрессорной. Когда расчетный выброс аммиака больше, чем добавляемое количество хладагента, то за норматив выброса следует принимать реальные потери аммиака.

Требования по обеспечению производственной и экологической безопасности при монтаже и эксплуатации оборудования животноводческой и птицеводческой отрасли приведены в таблице 5.52.

Таблица 5.52 – Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению производственной и экологической безопасности при монтаже и эксплуатации оборудования животноводческих и птицеводческих ферм

Производственный участок (рабочее место)	Контролируемый параметр			Средство контроля
	наименование	ед. изм.	нормативные качества	
Участок (рабочее место) при монтаже и эксплуатации оборудования ферм	1.Электробезопасность (при работе с мониторинжной моечной машиной, компрессором и др.):			
	-сопротивление заземляющих проводов;	Ом	$\leq 5,0$	Омметр типа М372
	-сопротивление изоляции электроустройств	МОм	$\geq 0,5$	Мегаомметр Ф4102/1-1М (или аналогичный)
	2.Загазованность:	Мг/м3	≤ 1	Газтестер КИ-28066
	-аммиак			
	-CO ₂			
	-H ₂ S			
	-NO ₂			
	3.Содержание пыли в воздухе	Мг/м3	≤ 6	Пылемер «Прима-03» (или «Прима-01», «Приз-2» и др.)
4.Шум	дБ	≤ 85	Измеритель уровня звука 00024 (Германия)	
5.Освещенность	лк	≥ 150 (при общем освещении)	Люксметр Ю-117 Аргус-01 (или аналогичные)	
6.Тяжесть труда (прикладываемые усилия)	кгс	≤ 20	Динамометр электронный ДЭ-1	
7.Сварочный аэрозоль (окись железа + окись марганца) при монтаже и ремонте оборудования	мг/м3	$\leq 0,4$	Газтестер КИ-28066	
8.Тепловые поля (энергетическая освещенность)	Вт/м2	≤ 200	Радиометр РАТ-2П	
9.Скорость движения воздуха (сквозняки)	м/с	$\leq 0,3$	Метеометр БГТА-1 (анемометр АСО-3)	

5.8 Расчет количества загрязняющих веществ в выбросах деревообрабатывающего производства

В деревообрабатывающем производстве встречаются точечные (циклон, дымовая или рассеивающая труба и т. п.), линейные (азрационный фонарь) и площадные (например, бассейн гидротермической обработки древесины) источники выбросов.

5.8.1 Выброс пыли в атмосферу

Пыль образуется в процессе механической обработки материалов как составная часть измельченной массы или отходов резания (опилок, стружки, щепы, волокон). К источникам выделения пыли в атмосферу относятся: технологическое оборудование (например, рубительная машина), средства механического транспорта (ленточный конвейер), грузоотделитель пневмотранспортной установки (циклон), рассеивающая труба установки вытяжной вентиляции, процесс перегрузки измельченного материала из бункера в автомашину и некоторые другие, менее значимые объекты [9].

Основным источником выброса пыли в атмосферу являются цеховые экс-гаустерные и пневмотранспортные установки. Выброс пыли происходит через устье грузоотделителя (пылеосадочная камера, циклон и т. п.) в конечной точке транспортирования. Количество пыли, поступающей в атмосферу из эксгаустерной установки (мощность ИЗА), определяется по формуле:

$$M = M_{\Pi} (1 - K_{ЭГ}), \quad (5.94)$$

где M_{Π} – количество пыли, поступающей в установку, кг/ч,

$$M_{\Pi} = \sum_{i=1}^n m_i K_{ni} K_{moi} / 100, \quad (5.95)$$

где m_i – количество отходов резания, образующихся в зоне i -го приемника отходов, кг/ч,

K_{ni} – содержание пыли размером менее 200 мкм в отходах i -го приемника (таблица 5.53), %;

K_{moi} – коэффициент эффективности местного отсоса (приемника), $K_{moi} = 0,9$;

$K_{эг}$ – коэффициент эффективности использования устройства газоочистки,

$$K_{эг} = K_i \eta, \quad (5.96)$$

где K_i – коэффициент использования устройства газоочистки (K_i изменяется от 0 до 1);

η – степень очистки, %,

$$\eta = (G_{ул}/G_{вх})100, \quad (5.97)$$

где $G_{ул}$ и $G_{вх}$ – масса частиц пыли, соответственно улавливаемых устройством и поступающих в устройство, кг в единицу времени.

Количество отходов резания, образующихся на конкретных режущих головках, может быть определено на основе технологических расчетов с учетом скорости подачи, толщины и ширины снимаемого слоя, суммы высот пропилов и режима использования оборудования.

Масса определенного вида отходов, образующихся при механической обработке конструкционных материалов, принимается на основе технологических расчетов, показателей фактического материального баланса производства или рассчитывается с учетом объема отходов и плотности материала по формуле:

$$m_i = V_i \rho, \quad (5.98)$$

где V_i – объем определенного вида отходов при механической обработке материала, образующихся в единицу времени, м³/ч. Определяется расчетом для принятых припусков на обработку, ширины, высоты пропила и скорости подачи;

ρ – плотность древесины, кг/м³.

5.8.2 Выброс летучих веществ в атмосферу при склеивании изделий

Выброс летучих веществ (формальдегид, фенол) при склеивании в производстве фанеры, шип, мебели, столярно-строительных изделий и др. определяется по формуле:

$$M_{\text{лса}} = M_{\text{лс}}(1 - K_{\text{эг}}), \quad (5.99)$$

где $M_{\text{лса}}$ – количество летучего вещества, попадающего в ОС, кг/ч:

$$M_{\text{лс}} = M_{\text{с}} \varphi_{\text{лс}} K_{\text{лс}} / 100, \quad (5.100)$$

где $M_{\text{с}}$ – расход смолы с учетом производственной мощности, кг/ч;

$\varphi_{\text{лс}}$ – содержание летучего вещества в смоле (свободного формальдегида и фенола), %;

$K_{\text{лс}}$ – коэффициент, учитывающий выделение летучего из смолы, распределение в техпроцессе и попадание в вентиляционную систему (ВС)

$$K_{\text{лс}} = R_{\text{р}} K_{\text{лв}} / 100, \quad (5.101)$$

где $R_{\text{р}}$ – процент распределения выделения летучего вещества по технологическому процессу;

$K_{\text{лв}}$ – коэффициент, учитывающий выделение летучего из смолы.

В производстве фанеры около 50 % свободного формальдегида остается в продукции ($K_{\text{лв}} = 0,5$). Величина $R_{\text{р}}$ должна приниматься с учетом попадания вещества в конкретную ВС и распределения выделений (%) по технологическим участкам: клеевые вальцы – 10; сушка и прессы – 75; камеры охлаждения – 15 [9].

При фанеровании в производстве мебели $K_{\text{лв}} = 0,3$ с распределением выделений, %: клеевые вальцы – 15; пресс – 75; верхняя зона помещений (линейный выброс) – 10. Участок выдержки облицованных изделий характеризуется $K_{\text{лв}} = 0,05$.

5.8.3 Выброс летучих веществ в атмосферу при отделке изделий

Выброс летучих (газообразных) веществ, выделяющихся при отделке изделий лакокрасочными материалами (ЛКМ), определяется по каждому компоненту в отдельности по формуле:

$$M_{\text{лоа}} = M_{\text{ло}} (1 - K_{\text{эГ}}), \quad (5.102)$$

где $M_{\text{ло}}$ – количество летучего компонента ЛКМ, попадающего в ВС, кг/ч,

$$M_{\text{ло}} = M_0 \varphi_{\text{ло}} K_{\text{ло}} / 100, \quad (5.103)$$

где M_0 – расход ЛКМ с учетом производственной мощности, кг/ч;

$\varphi_{\text{ло}}$ – содержание летучего компонента в ЛКМ (ацетон, ксилол, см. приложения 6–9), %;

$K_{\text{ло}}$ – коэффициент, учитывающий выделение летучего из ЛКМ, распределение в технологическом процессе и попадание в ВС:

$$K_{\text{ло}} = R_p \cdot K_{\text{лв}} / 100, \quad (5.104)$$

В качестве примера материала, используемого при отделке с выделением ВЗ, можно назвать лак НЦ-243, который содержит: бутанола – 11,1; бутил-ацетата – 7,4; этилацетата – 5,2; этилового спирта – 7,4; толуола – 8,7; этилцеллозольва – 5,9 %.

Степень очистки воздуха η принимается с учетом вида газоочистных устройств, например для каскадных гидрофильтров камер распыления $\eta = 30\text{--}40$ %; барботажных, вихревых аппаратов $\eta = 40\text{--}50$ %.

Таблица 5.53 – Пылеобразование при обработке древесины

Станочное оборудование	Минимальное количество отсасываемого воздуха, тыс. м ³ /ч	Интенсивность пылеобразования, В, кг/ч	
		всего	частиц размером менее
Круглопильный для продольной распиловки ЦД-2, ЦА-2А	1,44–1,73	17–26	5,1–7,8
Круглопильный универсальный Ц-2Д5А; Ц-6, Ц-3, Ц-5М; Ц-2М	1,66–1,91	20–30	6,0–9,5
Ленточнопильный столярный ЛС-80-1, ЛС-40-1	1,15–1,33	36–75	12,5–26,0
фуговальный СФ-3-3, СФА-4, СФА-4, СФ5 и др.	0,97–1,30	47–110	12,0–28,0
фуговальный двухсторонний 02 Ф-4-1	1,15	47–110	12,0–28,0
Рейсмусовый односторонний СР3-6, СР-6, -7, СР/2-2, СР/8	0,97–2,52	110–220	27,0–48,0
Рейсмусовый двухсторонний С2Р8-2, С2р12, С2р16.	3,60–5,04	220–440	48,0–100
Четырехсторонний строгальный С16-1, СК-15, С165, СП-30, С26.	4,32–7,56	248–420	62,0–105,0
Фрезерный одношпиндельный ФЛ, ФЛА, Ф4, ФШ-4, ФА-2	0,90–0,97	26–55	5,0–11,0
Шипорезный рамный ШО-8	4,18	6,5–56	1,0–9,0
Станки деревообрабатывающие ЦА-12, ЦА-2, УН, К		3,0–10,0	1,0–20
Шипорезный ящичный, ШП-40, Ш 2ПА	1,08–3,60	8,5–87	2,0–15,0
Обрезной двухпильный ЦД-4.	1,80	25–38	5,5–9,5
Сверлильный 2П, 125П	0,83–1,10	28–36	6,0–7,5
Токарный ТЕ61М, 1А616	1,80–3,10	26–55	6,0–9,8
Шлифовальный ленточный ШЛПС-Л, ШПЛС, ШЛНС, ШЛДБ, ШЛХ-2 и др.	1,08–2,23	2,5–4,0	2,4–3,8
Шлифовальный дисковый ШЛАБ-4 и др.	1,44–2,70	12–15	8,0–11,5

5.8.4 Мероприятия по снижению воздействия деревообрабатывающих предприятий на окружающую среду

Уровень воздействия на окружающую среду во многом определяется технологией производства. В связи с этим при обосновании технологических решений и рассмотрении альтернативных вариантов в качестве одного из основных должен рассматриваться экологический фактор. При этом необходимо учитывать, что уровень воздействия на окружающую среду зависит от производственной мощности, санитарно-токсикологических характеристик

используемых сырья и материалов, надежности и уровня безопасности производства.

Например, отрицательное воздействие сточных вод должно быть уменьшено, прежде всего, на основе технологических решений: за счет сокращения водопотребления, внедрения безотходных производственных циклов и систем оборотного водоснабжения. Для очистки сточных вод следует предусматривать создание на предприятиях локальных и централизованных очистных сооружений. При выборе места сброса сточных вод должны быть учтены особенности природных водоемов и изменения условий сброса вследствие ветровых нагонов, сезонных колебаний уровня воды, приливов и отливов.

Порядок действий специалиста при разработке мероприятий по охране окружающей среды в проектах деревообрабатывающих предприятий [9]:

- 1) выявление факторов вредного воздействия производства на окружающую среду, ИВ, сбросов сточных вод и ИЗА;
- 2) качественная и количественная характеристика ИЗА, сточных вод и не утилизируемых отходов;
- 3) установление фоновых характеристик загрязнения атмосферы и поверхностных вод в районе размещения проектируемого объекта и тенденций их изменения;
- 4) обоснование необходимой степени очистки, обезвреживания отходов;
- 5) выбор и разработка методов снижения вредного воздействия производства на окружающую среду;
- 6) выбор и расчет оборудования для очистки выбросов и стоков;
- 7) обоснование предложений по нормативам ПДВ и ПДС, определение валовых выбросов и сбросов загрязняющих веществ на основании результатов расчета рассеивания выбросов в атмосферу и разбавления сточных вод в водоеме;
- 8) разработка мероприятий по сокращению отходов производства и их утилизации;

- 9) выбор более безопасных в экологическом отношении видов сырья и материалов;
- 10) исследование и совершенствование технологических режимов;
- 11) энергосбережение и выбор менее вредных видов топлива;
- 12) расчет и анализ показателей вредного воздействия производства на окружающую среду;
- 13) реализации принятых технических решений в проектах (разработка планов размещения оборудования и генплана);
- 14) экологическая экспертиза проектов и авторский надзор в процессе практической реализации их в промышленности.

Для деревообрабатывающих производств характерны следующие основные методы очистки выбросов в атмосферу:

а) от частиц аэрозолей (пыль, волокна, жидкие частицы):

- осаждение в поле силы тяжести (пылеосадительные камеры);
- инерционное осаждение (инерционные пылеуловители);
- осаждение в поле центробежной силы (циклоны, вихревые пылеуловители);
- мокрое пылеулавливание (скрубберы различных конструкций);
- фильтрация (тканевые и волокнистые фильтры).

б) от газов и паров:

- адсорбция;
- абсорбция (поглощение загрязняющего вещества жидкостью);
- термическое обезвреживание (сжигание в пламени в качестве примеси к топливу, термическое окисление);
- каталитическое обезвреживание (окисление, восстановление загрязняющих веществ в присутствии и при участии катализатора);
- биологическое окисление (биологическая очистка).

В технологических процессах категорий В, Г, Д, при обеспечении ПДК_{рз} и условий пожарной безопасности возможно повторное использование воздуха вентиляционных выбросов после очистки взамен свежего приточного воздуха. Это обеспечивает весьма существенную экономию энергии

за счет рекуперации тепла. Иногда практикуется межоперационная рекуперация, например, использование воздуха удаляемого от лаконоливных машин в сушильных агрегатах при отделке плит.

В основе выбора системы пылегазоочистки лежит показатель требуемой степени очистки $\eta_{тр}$ рассчитываемый исходя из норматива ПДВ по формуле:

$$\eta_{тр} = (M_i - \text{ПДВ}) / M_i, \quad (5.105)$$

где M_i – количество загрязняющего вещества, выбрасываемого источником (до очистки), г/с.

Иногда требуемая степень очистки задается в исходных данных на проектирование или принимается на основании последних достижений в технике пылеулавливания и очистки газовых выбросов.

5.9 Обеспечение экологической безопасности животноводческих комплексов

Снизить загрязняющее влияние животноводческих комплексов на прилегающую территорию можно в результате правильного проектирования технологии производства и застройки ферм. Для этого необходимо [5]:

- включить в технологию содержания животных принцип «все пусто – все занято» и предусматривать профилактические перерывы с целью постоянного поддержания высокой санитарной культуры;
- практиковать проведение общих ветеринарно-санитарных мероприятий, способствующих снижению количества микрофлоры в помещениях и предупреждению разноса их на территории вокруг комплексов; создавать санитарно-защитные зеленые зоны;
- максимально снизить расход воды на удаление навоза, шире использовать механические способы его удаления;
- использовать в качестве подстилочного материала соломенную резку, позволяющую создавать теплые ложе и значительно повысить качество навоза. Обеззараживание навоза производить естественным, экологически безопас-

ным биотермическим способом, для чего организовывать на каждой ферме цеха для его утилизации;

- совершенствовать систему обеспечения микроклимата помещений;
- усилить гигиенический контроль над качеством проектирования, обязательно проводить комиссионную экологическую экспертизу проектов ферм и комплексов.

Проектирование, строительство и эксплуатация животноводческих ферм и комплексов должны осуществляться в комплексе с агротехническими, мелиоративными, санитарно-гигиеническими и ветеринарными мероприятиями. В первую очередь это обеззараживание навоза в эпидемиологическом и эпизоотическом отношениях, уменьшение загрязнения воздуха и распространения инфекций аэрогенным путем; создание санитарно-защитных зон и лесных полос; своевременная заплата навоза после его внесения; использование дождевальных машин с насадками и агрегатами для близкочувственного дождевания. Все это позволит значительно снизить загрязнение атмосферного воздуха, распространение неприятных запахов и микроорганизмов.

Важно, чтобы природоохранные меры способствовали естественному биологическому круговороту веществ в природе, процессам естественного обеззараживания отходов производства, разложения и превращения в составную часть почвы и чтобы эти меры не только предусматривались в проектах и воплощались при строительстве, но и строго соблюдались в процессе эксплуатации ферм и комплексов. Кроме того, строительство и ввод в эксплуатацию очистных сооружений, оросительных систем с использованием навозных стоков, навозохранилищ и цехов по утилизации навоза должны предшествовать вводу в эксплуатацию ферм и комплексов.

В проектах обязательно следует предусматривать защиту водоемов от загрязнения сточными водами путем перехвата поверхностных и дренажных стоков и аккумуляций их в прудах-накопителях с целью создания водооборотных систем. Сдавать в эксплуатацию земельные поля орошения необхо-

димо не позже чем сам комплекс. Обязательным мероприятием является планировка поверхности орошаемых земель.

Участки, на которых предусматривается дождевание животноводческими стоками, располагаются с учетом направления преобладающих ветров и размещения территории застройки. Защитная полоса между удобряемыми участками и населенным пунктом – не менее 300 м.

По санитарно-гигиеническим требованиям необходимо, чтобы при использовании животноводческих стоков уровень грунтовых вод залегал на глубине ниже 1,2 м от поверхности, что исключает использование низинных почв, заливаемых поверхностными водами.

Животноводческие стоки подаются, прежде всего, под однолетние растения в срок, когда возможно немедленное их перемешивание с почвой, а также под многолетние кормовые растения, главным образом во вневегетативный период. При использовании животноводческих стоков в период вегетации растений необходимо учитывать следующие сроки, когда внесение запрещается:

- для сахарной, кормовой свеклы и других кормовых растений – за три недели до уборки;
- для овощей – в течение всего периода вегетации.

Удобряемые животноводческими стоками площади должны соответствовать поголовью комплекса. При этом количество азотных удобрений, приходящихся на единицу площади, не должно превышать предельно допустимых норм с учетом типа почв, вида выращиваемых культур, их продуктивности и нормы полива.

Для эффективного использования бесподстилочного навоза комплексов, без загрязнения почвы и грунтовых вод, следует строго придерживаться предельно допустимых норм вносимого азота: не более 200 кг/га на пашне и 300 кг/га при орошении. Годовую дозу внесения жидкого навоза определяют для каждой культуры севооборота с учетом выноса питательных веществ урожаем, содержания их в навозе и коэффициента использования культурами.

ми. Расчет производится по азоту, фосфору и калию. За окончательную дозу принимают минимальную из них. Недостаток других элементов восполняется за счет минеральных удобрений.

Ежегодно применять чрезмерно высокие дозы бесподстилочного навоза на одних и тех же участках нецелесообразно, так как при этом не обеспечивается рост урожайности, возрастает содержание нитратов в кормах, появляется опасность загрязнения грунтовых вод. Примерные годовые нормы внесения азота жидкого навоза составляют: под зерновые культуры 140 кг, картофель столовый – 120–180, картофель фуражный – 240–280, свеклу кормовую – 320–360, кукурузу на зеленый корм и силос – 240–320, многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси – 240–320, на луга и пастбища – 200–240, под однолетние травы – 120–140 кг/га.

Для контроля состояния экологической обстановки на комплексе и вокруг него необходимо организовать постоянное наблюдение за использованием бесподстилочного навоза: не реже трех раз в квартал проводить агрохимические анализы органических удобрений, почвы, грунтовых вод и растительной продукции.

Наряду с технологическим и техническим усовершенствованием оборудования животноводческих комплексов большое значение для сокращения излишнего попадания воды в систему навозоиспользования имеет комплекс организационно-экономических мероприятий. Основное их содержание следующее [5]:

- установка контрольно-измерительной аппаратуры на водопотребляющих объектах; организация своевременного и качественного ремонта водоразборной аппаратуры и оборудования;
- разработка мероприятий по экономическому стимулированию работников комплексов за рациональное использование воды на основных операциях обслуживания животных;
- назначение должностных лиц, ответственных за состояние водопотребления и экологической обстановки на комплексах и фермах;

➤ периодическое проведение контроля над водопотреблением на каждом участке, разработка мероприятий по сокращению расхода и контроля ее использования.

Основным направлением уменьшения выхода стоков и загрязнения водоемов является создание замкнутых систем. Для очистки животноводческих стоков в условиях гидросмыва используют биологические пруды. Жидкий навоз из свинарников по коллектору поступает в приемный резервуар насосной станции, откуда его перекачивают на разделительную установку. Твердую фракцию складывают на площадке, биотермически обеззараживают и используют в качестве органических удобрений. Жидкую фракцию направляют в вертикальный отстойник для отстаивания и осветления. Осадок из отстойников обезвоживают с помощью центрифуг, биотермически обеззараживают и используют в качестве удобрения. Осветленные стоки из отстойника и фугат с центрифуг направляют в карантинные емкости для шестисуточного выдерживания.

В пруде-накопителе осветленные стоки выдерживают перед спуском в последующие пруды. Пруд-накопитель служит также для анаэробного сбраживания органического вещества стоков и потребления его микроорганизмами. Из пруда-накопителя частично минерализованные стоки поступают в водорослевый пруд, главное значение которого состоит в утилизации фитопланктоном биогенных элементов органического вещества. Из водорослевого стоки поступают в рачковый пруд. При наличии богатого питательного субстрата происходит массовое развитие ветвистоусых и веслоногих рачков, а также червей и личинок насекомых. Далее стоки, содержащие зообиомассу и биомассу фитопланктона, поступают в рыбоводный пруд. Энергетические потребности и рост рыбы обеспечиваются за счет использования его биомассы. Такая технология обработки стоков обеспечивает дегельминтизацию жидкой фракции до поступления ее в рыбоводный пруд. Очищенные в рыбоводно-биологических прудах стоки' могут использоваться на полях орошения или в оборотной системе водоснабжения комплекса для гидроудаления навоза.

Таблица 5.54 – Показатели очистки стоков в рыбоводно-биологических прудах

Показатель	Пруды			
	накопитель- ный	водорослевый	рачковый	рыбоводный
БПК ₅ , мгО ₂ /л	1000	200	40	4
Абсолютно сухое вещество, мг/л	874	200	240	120
Фосфор, Р ₂ О ₅ , мг/л	2,0	0,7	0,1	0,0
Азот общий, мг/л	150	15	10	0,5
Растворимый кислород	0	2	3	6
Биомасса водорослей (сырая), мг/л	–	150	30	115
Биомасса зоопланктона, мг/л	–	50	100	10

Фундаментальной основой решения экологической проблемы на свиноводческих комплексах может быть технология переработки жидкого навоза в концентрированные твердые органические удобрения и оборотную воду. Предлагаемая технологическая линия предназначена для переработки свиноводческих стоков любой влажности. Основными сооружениями являются: осветлитель с взвешенным слоем осадка; зернистые фильтры; электродиализная установка; центрифуга для обезвоживания твердой фракции и хранилища для твердой фракции и жидких отходов, используемых в качестве удобрения.

Стоки после отделения крупных включений смешиваются с фугатом, промывной водой с фильтров и подаются в осветлитель. Благодаря контактной коагуляции во взвешенном слое осадка, жидкость осветляется на 80–90 %. После обезвоживания осадка на центрифуге твердая фракция поступает в хранилище, осветленная жидкая фракция подается на зернистые фильтры. Благодаря процессам седиментации, контактной коагуляции, окисления и адсорбции на фильтрах происходит полное осветление, обесцвечивание и обеззараживание. Дезодорация жидкой фракции, минерализация органики и частичная деминерализация раствора снижают содержание в нем сухого вещества до 5–7 % от первоначального. Отходы электродиализа исполь-

зуются для регенерации фильтров, а отходы регенерации в виде 8 % раствора минеральных веществ поступают в хранилище. В дальнейшем они частично используются для обогащения питательными веществами твердой фракции, а в основном – в качестве жидкого минерального комплексного удобрения. Количество твердого и жидкого удобрений составляет до 25 % каждого от выхода экскрементов животных.

Такие очистные сооружения являются экологически безопасными, используются в течение всего года, не требуют больших площадей, обеспечивают более эффективную очистку по сравнению с биопрудами, отпадает необходимость в полях орошения для утилизации жидкой фракции стоков.

Сущность технологии с использованием биогазовой установки заключается в следующем: жидкий навоз влажностью 91–93 %, предварительно подогретый рекуперированным теплом, подается в биоэнергетическую установку (БЭУ), где осуществляется его анаэробное сбраживание в термофильном режиме при 53–55 °С. Из 1 т сухого органического вещества может быть получено 400–600 м³ биогаза теплотворной способностью 20–26 МДж/м³. Для расчета принимают выход биогаза 500 м³ на 1 т сухого органического вещества и теплотворную способность 23 МДж/м³. При суточном выходе 240 т и влажности 91 % содержание сухих веществ в навозе составляет 21,6 т. При содержании органических веществ в абсолютно сухом веществе навоза 80 %, суточный выход биогаза составляет 8640 м³, из которого при КПД котла 0,8 может быть получено 159 тыс. МДж тепловой энергии в виде пара – 30 % (48 тыс. МДж) используется на поддержание анаэробного процесса сбраживания навоза.

Расход тепловой энергии на упаривание 1 т стоков составляет 500 МДж. Расход тепловой энергии за сутки при упаривании 200 т жидкой фракции навоза составляет 100 тыс. МДж. Оставшаяся часть тепловой энергии может быть использована на другие энергетические нужды свинокомплекса (отопление, выработка электроэнергии, подогрев технологической воды). Сброженный навоз поступает в цех для разделения на фракции. Твердая фракция

(28 т/сут) влажностью 70 % поступает на площадку для складирования и хранения, жидкая фракция (230 т/сут) влажностью 98 % – в отстойник непрерывного действия. Из отстойника осадок поступает в цех механического разделения на обезвоживание, а осветленная жидкая фракция в реактор, где смешивается с известью. Из реактора смесь жидкой фракции навоза с известью поступает в отстойник для отделения избытка извести и осадка.

Осветленная жидкая фракция навоза содержит около 3 кг аммиака. Предельно допустимая концентрация аммиака в 1 т оборотной воды должна быть не более 20 г. С целью удаления излишнего аммиака фракция дегазируется, нагреваясь в аммиачной колонне. Для облегчения процесса удаления аммиака в жидкую фракцию вводится негашеная известь, расход которой в сутки составляет около 2 т. Высвободившийся аммиак в процессе дегазации поглощается водой, суточный расход которой составляет около 3 т. С целью повышения адсорбируемости вода поглощает аммиак, охлаждается не менее чем до 20 °С поступающими на дегазацию стоками, используется она как жидкое удобрение.

Кроме того, для дегазации стоков может быть использована отдувка, а также химическое закрепление аммиака в стоках и удаление его вместе с концентратами стоков в процессе упаривания.

Очищенная от аммиака жидкость подается на упаривание в дистилляционные колонны, где из нее в сутки получается 188 т конденсата и 15 т концентрата влажностью 70 %. Конденсат после сорбционной очистки направляется на технологические нужды свинокомплекса (мойка животных, подпитка котлов, системы теплоснабжения), а концентрат мобильным транспортом подается на площадку для хранения твердой фракции, смешивается и хранится вместе с ней. В оптимальные агросроки (весной и осенью) концентрированные твердые удобрения транспортируются и вносятся в почву. Получение первичного пара, используемого в выпарной установке, осуществляется с помощью парового котла, работающего на биогазе.

Основными достоинствами этой технологии являются: экологическая безопасность, исключая загрязнение окружающей среды; наличие оборотной системы обеспечения технологической водой; снижение выхода навозных стоков более чем в 5 раз и обеспечение внесения в сжатые сроки с минимальными трудозатратами. Отсутствие прямого контакта обрабатываемых навозных стоков с атмосферой предотвращает загрязнение окружающей среды и потери питательных веществ, исключает необходимость в карантинных емкостях, отстойниках, резервуарах осветленных стоков полей орошения и обеспечивает снижение капитальных затрат в 2–5 раз.

5.10 Накопление и утилизация отходов

5.10.1 Твердые отходы

Количество твердых отходов существенно зависит от их вида, условий производства и уровня жизни, климатических факторов, способов сбора и др. Поэтому конкретные расчетные, близкие к практике, нормативы накопления могут быть установлены только опытным путем. Это особенно касается твердых производственных отходов (ТПрО). Лишь создание системы мониторинга предприятий может дать объективную картину их накопления. Несколько проще с ТБО – примерные нормативы накопления этих отходов разработаны во многих странах и корректируются с учетом установленных темпов роста.

Эти нормы приводятся в величинах массы (или объема) на одного человека в сутки или год и относится к конкретным единицам жилого фонда и отдельно стоящим объектам торгового или культурно-бытового назначения (таблица 5.55) [10].

Таблица 5.55 – Накопление ТБО

Вид объекта	Нормы накопления на 1 чел.		Плотность ρ , кг/м ³
	кг/сутки. чел	кг/год. чел.	
Жилые дома – благоустроенные	0,58–0,62	210–225	210
Жилые дома – неблагоустроенные	0,99–1,24	360–450	300
Гостиницы (на 1 место)	0,33	120	170
Дошкольные учреждения	0,26	95	240
Учебное заведение	0,05	19	190
Театр, кинотеатр (на 1 место)	0,08	30	150
Учреждение	0,13	40	180
Прод. магазин (на 1 м ²)	0,44	160	200
Промтов. магазин (на 1 м ²)	0,08	30	200
Рынок (на 1 м ²)	0,05	18	500
Санаторий, пансионаты	0,68	250	270
Вокзалы, аэропорты (на 1 м ²)	0,34	125	250
Общая норма для городов с населением, более 100 000 чел.	0,71–0,82	060–300	200

Способы утилизации отходов можно разделить на мусоросжигание (более точно – термические способы утилизации) и мусоропереработку.

Термические методы обезвреживания твердых отходов, в свою очередь, условно можно разделить на две группы: термодеструкцию (пиролиз) отходов с получением твердых, жидких и газообразных продуктов и огневой метод (сжигание), приводящий к образованию газообразных продуктов и золы. В зависимости от состава и подготовки твердых отходов существует слоевое сжигание исходных (неподготовленных) отходов в мусоросжигательных котлоагрегатах, слоевое или камерное сжигание подготовленных отходов (свободных от балластных фракций) и сжигание в кипящем слое для ликвидации промышленных отходов. При слоевом сжигании в топке мусоросжигательного котла в первой зоне (слое) происходит выход летучих продуктов, по мере увеличения температуры происходит газификация отходов и далее идет слой горящего кокса. Сжигание должно проходить при температуре 800–1000 °С.

Сжигание исходных отходов хотя и является простым и универсальным методом утилизации отходов, но имеет массу недостатков главный из которых, как уже отмечалось, большой остаток шлака, высокий уровень образования диоксинов и кислых газов, которые выделяются на стадии газифика-

ции и ведут к загрязнению атмосферы из-за большой влажности при большой доле (выше 40 %) пищевых отходов. По этим, причинам на практике температура в топке не превышает 550 °С.

Более современный способ сжигания – это сжигание в псевдосжиженном слое. Принцип работы реакторов с псевдосжиженным слоем состоит в подаче горючих газов (воздуха) через слой инертного материала (песок с размерами частиц 1–5 мм), поддерживаемого колосниковой решеткой. При критической скорости потока газа инертный слой переходит во взвешенное состояние, напоминающее кипящую жидкость. Поступившие в реактор отходы интенсивно перемешиваются с инертным слоем, при этом существенно интенсифицируется теплообмен. Температура в реакторе колеблется от 800 до 990 °С в зависимости от материала инертного слоя, т. к. процессы в псевдосжиженном слое проводят при температурах, не приводящих к расплавлению или спеканию реагирующих материалов.

К основным достоинствам способа относятся: интенсивное перемешивание твердой фазы, приводящее практически к полному выравниванию температур, небольшое гидравлическое сопротивление слоя; отсутствие движущихся и вращающихся частей; возможность автоматизации процесса обезвреживания; возможность сжигания отходов с повышенной влажностью.

Используются следующие методы термической обработки отходов.

Пиролиз – термохимический процесс, в котором происходит разложение органической части отходов и получение полезных продуктов под действием высокой температуры в специальных реакторах. Существуют следующие разновидности метода: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов и сухой пиролиз.

Окислительный пиролиз – это процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Газообразные продукты разложения отходов смешиваются с продуктами сгорания топлива или части отходов, поэтому на выходе из реактора они имеют низкую теплоту сгорания, но повышенную темпера-

туру. Затем смесь газов сжигают в обычных топочных устройствах. В процессе окислительного пиролиза образуется твердый углеродистый остаток (кокс), который в дальнейшем можно использовать в качестве твердого топлива или в других целях.

Метод окислительного пиролиза с последующим сжиганием пиролизных газов универсален в отношении фракционного состава и фазового состояния отходов, их влажности и зольности. Обычно окислительный пиролиз проводят при 600–900 °С (температура нагрева отходов). При сжигании газов пиролиза дымовые газы меньше загрязнены летучей золой и сажей, чем при прямом сжигании отходов, что позволяет упростить систему очистки.

Сухой пиролиз – это метод термической переработки отходов, обеспечивающий их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных технологий. Под сухим пиролизом понимают процесс термического разложения отходов, твердого или жидкого топлива без доступа кислорода.

Большое количество пищевых отходов в составе ТБО препятствует их качественному сжиганию и затрудняет захоронение на полигонах. Оптимальный вариант – отделение пищеотходов на стадии сбора населением. Если это сделано, часть фракций можно повторно использовать. В промышленном масштабе это делается на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ). В странах, где раздельный сбор ТБО не осуществляется на этих заводах выполняется механическая сортировка мусора. Основным процессом на МПЗ – компостирование органических отходов, прежде всего – пищевых. Компостирование – биохимический процесс, предназначенный для преобразования органических твердых отходов в стабильный, подобный гумусу продукт, используемый для улучшения состава почвы.

Изготовленный компост при внесении в почву улучшает ее состав: органические кислоты образуют комплексы с почвенным фосфором, более доступные для растений; вносятся азотные соединения и микроорганизмы, разлагающие нерастворимые почвенные органические соединения с выделением

аммиака; аммиак окисляется в нитриты и нитраты. Все это справедливо для чистого компоста. Компост, загрязнённый вредными веществами, может привести к потере почвой плодородных качеств.

5.10.2 Осадки сточных вод

Осадки сточных вод, скапливающиеся на очистных сооружениях, представляют собой водные суспензии с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы от 0,5 до 10 %. Прежде чем направить осадки сточных вод на ликвидацию или утилизацию, их подвергают предварительной обработке.

Уплотнение осадков сточных вод является первичной стадией их обработки. Распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения, осуществляющиеся в отстойниках – уплотнителях в установках напорной флотации. Применяется также центробежное уплотнение осадков в циклонах и центрифугах. Перспективно вибрационное уплотнение путем фильтрования осадка сточных вод через фильтрующие перегородки или с помощью погруженных в осадок вибраторов.

Стабилизация осадков используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений и т. п.)

Для стабилизации осадков промышленных сточных вод применяют в основном аэробную стабилизацию – длительное аэрирование осадков в сооружениях типа аэротенков, в результате чего происходит распад основной части биологически разлагаемых веществ, подверженных гниению. Период аэробной стабилизации при температуре 20 °C составляет 8–11 сут., расход кислорода для стабилизации 1 кг органического вещества активного или – 0,7 кг. Используется данный метод для обработки осадков с расходом до 4200 м³/ч.

Кондиционирование осадков проводят для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения их водоотдачи при обезвоживании.

Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения шлака с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы до 80 %. Осадки промышленных сточных вод обезвоживаются вакуум-фильтрованием на фильтр-прессах, центрифугированием и вибрационным фильтрованием. Обезвоживание термической сушкой применяется для осадков, содержащих сильно токсичные вещества, которые перед ликвидацией и утилизацией необходимо обеззараживать. Широкое внедрение процессов термической сушки ограничивается высокой стоимостью процесса очистки.

Ликвидация осадков сточных вод применяется в тех случаях, когда утилизация оказывается невозможной или экономически нерентабельной. Выбор метода ликвидации осадков определяется их составом, а также размещением и планировкой предприятия. Сжигание – один из наиболее распространенных методов ликвидации осадков сточных вод. Предварительно обезвоженные осадки органического происхождения имеют теплотворную способность 16 800–21 000 кДж/кг, что позволяет поддерживать процесс горения без использования дополнительных источников теплоты. Осадки сжигаются на станциях очистки сточных вод в циклонных печах, а также печах кипящего слоя.

К временным мероприятиям по ликвидации осадков относятся сброс жидких осадков в накопители и закачка в земляные пустоты.

При проектировании технологического процесса обработки осадков сточных вод следует иметь в виду не только проблемы их ликвидации и утилизации, но и уменьшение безвозвратных потерь воды в осадках, так как эти потери значительно снижают процент использования воды в оборотном цикле. Например, при очистке сточных вод от механических примесей в напорных гидроциклонах до 7 % воды безвозвратно теряется с осадком.

При проектировании и эксплуатации систем очистки сточных вод машиностроительных предприятий следует рассматривать не только использование осадков сточных вод, но и других продуктов, выделяемых в процессе очистки. Например, при очистке сточных вод от масел в отстойниках, гидроциклонах и т. д. скапливается большое количество маслопримесей, из которых после отстаивания их во вторичных отстойниках утилизируют чистое масло, используемое затем в технологических процессах.

Безотходная и малоотходная технологии. Радикальное решение проблем охраны окружающей среды от негативного воздействия производственных объектов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий.

Использование очистных устройств и сооружений не позволяет полностью локализовать токсичные выбросы, а применение более совершенных систем очистки всегда сопровождается ростом затрат на осуществление процесса очистки. Так например, очистка сточных вод машиностроительного предприятия с эффективностью до 90 % обеспечивается сравнительно легко, на каждый последующий процент дает рост затрат, взмывающий вверх по экспоненциальной кривой. Стопроцентная очистка теоретически возможна, но практически неосуществима из-за громоздкости очистных сооружений и их колоссальной стоимости. Следовательно, нужно искать альтернативное решение, а именно: внедрять малоотходную и ресурсосберегающую технологию.

Термин «безотходная технология», впервые предложенный академиками Н.Н. Семеновым и И.В. Петряновым получил широкое распространение. Иногда вместо «малоотходной и безотходной технологии» применяется термин «чистая» или «более чистая технология».

В настоящее время используется следующая формулировка безотходной технологии: *«Безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств, с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и*

энергии и защитить окружающую среду» [25]. Под безотходной технологией, безотходным производством, безотходной системой понимают не просто технологию или производство того или иного продукта (или продуктов), а принцип организации и функционирования производств, территориально-производственных комплексов в целом. При этом рационально используются все компоненты сырья и энергия в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы), т. е. не нарушается сложившееся экологическое равновесие в биосфере.

Малоотходная технология является промежуточной ступенью при создании безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными органами, но по техническим, экономическим организационным или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

Основой безотходных производств является комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов, поскольку отходы производства – это по тем или иным причинам неиспользованная или недоиспользованная часть сырья. Большое значение при этом приобретает разработка ресурсосберегающих технологий.

В условиях постоянно нарастающего дефицита природных ресурсов важную роль играет рациональное, комплексное и экономическое их использование, снижение металлоемкости и энергоемкости.

Такое производство включает и переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия.

Таким образом, малоотходная и безотходная технология должны обеспечить:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов на базе создания новых безотходных процессов;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторно-

го ее использования;

- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- создание безотходных территориально-производственных комплексов и экономических регионов.

Известно много примеров экономии сырья, энергии в сочетании с оздоровлением окружающей среды в случае использования вторичных материальных ресурсов. Так, использование макулатуры при производстве тонны бумаги и картона экономит 4,5 м³ древесины, 200 м³ воды и в два раза снижает затраты электроэнергии. Для изготовления того же количества бумаги требуется 15–16 взрослых деревьев. При использовании 1 млн. т макулатуры можно сэкономить 4 млн. м³ первоклассной древесины [25].

Одним из видов технологических потерь на кузнечно-прессовых участках является угар металла, достигающий 5 % массы загружаемого в печь материала. Угар повышается с увеличением продолжительности нагрева, поэтому для сокращения потерь необходимо интенсифицировать процесс нагрева, устанавливая его оптимальный режим в соответствии с конструкцией нагревательного оборудования и формой заготовки.

Другим видом технологических потерь металла при его нагреве является окалина, возникающая в результате окисления поверхностного слоя металла. При пламенном нагреве потери металла от окалины составляют – 3 % массы заготовки. Особенно толстый слой окалины образуется при неравномерном нагреве. Эффективными способами борьбы с угаром и образованием окалины являются нагрев заготовки в защитной безокислительной среде, а также контактный и индукционный нагрев, позволяющий снизить потери металла до 0,5 % [25]. Для уменьшения образования окалины используется нагрев в нейтральной среде токами высокой частоты.

На термических участках целесообразно применять нагрев деталей в ваннах, что предотвращает окисление и обезуглероживание поверхностного слоя стальных деталей. При этом масляные ванны предпочтительнее свинцовых, загрязняющих атмосферу аэрозолями свинца. Заменяя в нагревательной ванне минеральное масло расплавом селитры, можно снизить потребление и сброс нефтепродуктов.

При термической обработке металлов большой практический интерес представляют новые производственные методы, основанные на проведении процессов в замкнутых объемах с экономичным расходом исходных составляющих и без выделения продуктов реакции в окружающую среду.

Уменьшению загрязнения воздушного бассейна способствует совершенствование методов окраски машин. При обычном способе окраски распылением пневматическими краскораспылителями потери краски, загрязняющей воздух, составляют 40–60 %. Получивший широкое распространение способ окраски в электростатическом поле позволяет свести непроизводительные потери лакокрасочных материалов к минимуму, одновременно существенно повысив санитарно-гигиенические показатели процесса.

Другим направлением снижения вредного влияния процесса окраски на атмосферу является уменьшение токсичности применяемых материалов. Лакокрасочные материалы, содержащие органические растворители, заменяются водорастворимыми материалами.

Порошковая металлургия позволяет создавать материалы и изделия с особыми, часто уникальными составами, структурой и свойствами, а иногда вообще недостижимыми при других техпроцессах. Для сравнения отметим, что при металлообработке литья и проката часто теряется в стружках до 60–70 % металла.

6 ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

6.1 Основные приемы снижения корневого поступления радиоактивных веществ в продукцию растениеводства

Основным путем загрязнения продукции растениеводства является поступление радионуклидов из почвы в растения. Влиять на снижение содержания радионуклидов в продуктах питания можно на трех этапах: 1 – «почва-растение», 2 – «корм-животное», 3 – «доработка и переработка сельскохозяйственного сырья» [13]. Как показывает опыт ведения сельского хозяйства на радиоактивно загрязненных землях, наибольшего эффекта снижения поступления в организм человека мигрирующих по биологическим и пищевым цепям радионуклидов можно достичь в звене пищевой цепи «почва-растение». Связав радионуклиды в почве, мы прерываем их движение по всей цепи.

Радиоактивные вещества (РВ) в результате перемещения в почве накапливаются в частях растений, представляющих пищевую или кормовую ценность. Накопление радионуклидов в растительной массе может также происходить и за счет удержания их части на поверхности растений при аэральном пути загрязнения, характерным для периода радиоактивных выпадений из атмосферы. Следует учитывать и механическое загрязнение урожая сельскохозяйственных культур, а также естественных трав в процессе уборки или в результате вторичного ветрового подъема радионуклидов с поверхности почвы. Сопоставление величин корневого и вторичного загрязнения растений на поздних этапах после аварии свидетельствует о том, что более 90 % активности, содержащейся в растениях, связано с корневым поступлением.

С целью уменьшения перехода радиоактивных веществ из почвы в растения проводятся организационные, агротехнические и агрохимические мероприятия.

К организационным мероприятиям относятся целевое использование сельхозугодий и переспециализация растениеводства, связанная с различной способностью растений накапливать радионуклиды.

Переспециализация отрасли растениеводства, как защитный прием, основывается на видовых различиях растений в поглощении радиоактивных веществ из почвы. В значительной степени подвержены загрязнению: сено естественных угодий; из полевых культур – бобовые (горох, люпин, клевер и др.), гречиха, озимый рапс, тимофеевка. Меньше радионуклидов накапливают зерновые культуры, картофель, кукуруза. Из овощных культур наиболее аккумулятивными радионуклиды являются: щавель, свекла, морковь; из ягод – смородина. Незначительное количество РВ накапливает земляника, капуста, огурец, томаты. Путем подбора видового состава культур можно добиться значительного снижения размеров радиоактивного загрязнения продукции, что и легло в основу разработки мероприятий по переспециализации растениеводства.

В связи с тем, что величина загрязнения сельскохозяйственной продукции во многом определяется плотностью загрязнения территории, особенности ведения сельского хозяйства определены для трех зон загрязнения сельскохозяйственных угодий:

- ▶ с плотностью выпадения радиоцезия 1–5, стронция-90 до 0,3 Ки/км²;
- ▶ с плотностью выпадения радиоцезия 5–15, стронция-90 до 0,3–1 Ки/км²;
- ▶ с плотностью выпадения радиоцезия 15–40, стронция-90 до Ки/км².

В зоне загрязнения радиоцезием 1–5 Ки/км² и стронцием – 90 менее 0,3 Ки/км² на пашне все виды работ следует проводить без ограничений по общепринятым технологиям как на автоморфных, так и на мелиорированных землях. Необходимо исключить посеы гречихи.

Для получения в зоне загрязнения 5–15 Ки/км² по цезию и 0,3–1 Ки/км² по стронцию-90 продукции растениеводства, пригодной для использования, помимо общепринятых мероприятий необходимо проводить следующие: не следует планировать возделывание гречихи, льна, зернобобовых, зеленого

горошка и крестоцветных культур, за исключением горчицы белой и озимого рапса. Снимается с производства редька масличная и рапс яровой на зеленый корм. Возделывание зернобобовых производится только на зеленый корм и семена. Посев многолетних трав проводится только в смеси со злаковыми компонентами. Сахарную свеклу и кормовые корнеплоды рекомендуется высевать одностростковыми семенами и проводить полную механизацию работ по их возделыванию.

В зоне 15–40 Ки/км² по радиоцезию и 1–3 Ки/км² по стронцию-90 снимаются с производства гречиха, лен, все зернобобовые, крестоцветные, овощные, многолетние бобовые травы, из ассортимента многолетних злаковых травосмесей – тимофеевка на корм скоту. Возделывание картофеля и корнеплодов планируется на площадях с уровнем загрязнения по цезию-137 не более 20 Ки/км². Посевы овса проводятся только на зеленый корм и семена. Торфяно-болотные почвы используют для выращивания многолетних трав и культур сплошного сева на семенные цели.

Поступление радиоактивных веществ в растение зависит от доступности их для корневой системы, которую можно уменьшить с помощью агротехнических мероприятий. Так, глубокая вспашка позволяет на почвах с мощным плодородным горизонтом захоронить верхний загрязненный слой на глубину, не доступную для корневой системы растений.

Другой прием – механическое удаление слоя почвы, концентрирующей основное количество радионуклидов, очень трудоемкий и дорогостоящий, сопровождается образованием больших объемов загрязненной почвы, которые рассматриваются как радиоактивные отходы и требуют специального захоронения. Поэтому данный прием может быть использован только на очень ограниченных площадях, например, при дезактивации небольших «пятен» с повышенной плотностью загрязнения.

К обработке загрязненных радионуклидами почв предъявляются следующие агротехнические требования [13]:

- » предотвращение или сокращение до минимума повторного аэрального переноса радиоактивной пыли;
- » обеспечение очищения основного корнеобитаемого гумусового слоя почвы от радионуклидов или разбавление его в нижних горизонтах почвогрунта (на тяжелых и средних суглинках при плотности загрязнения до 5–10 Ки/км² допускается загрязнение загрязненной почвы в верхнем пахотном горизонте);
- » активизация сорбционных свойств почвы по закреплению радионуклидов в малодоступной для растений форме;
- » создание питательного водно-воздушного, теплового и биологического режима, благоприятного для минимального перехода радионуклидов из почвы в растения с учетом сохранения и повышения урожая возделываемых культур.

Одним из наиболее эффективных агротехнических приемов обработки загрязненных почв является первичная специальная двухъярусная вспашка.

Сущность этого приема заключается в том, что после радиоактивных выпадений вспашку проводят специальными плугами. При этом слой толщиной 4–6 см срезается корпусом второго яруса, и укладывается на дно борозды на глубину 40–50 см. Очищенный гумусовый слой почвы, срезается в виде отдельного пласта, поднимается и смещается без оборота корпусом со специальным отвалом на загрязненный слой. При такой обработке около 2/3 очищенного гумусового слоя остается на поверхности с частичной примесью подстилающего грунта. Прием позволяет снизить накопление радионуклидов в растениях в 1,5–3 раза по сравнению с углубленной вспашкой плугами с предплужниками. Кроме того, при двухъярусной вспашке предотвращается вынос радионуклидов на поверхность, что исключает повторное аэральное загрязнение.

Прием двухъярусной вспашки является составной частью технологии глубокой вспашки загрязненных радионуклидами лугов и пастбищ, включающей следующие последовательно выполняемые виды работ:

- 1 Радиационное обследование сельхозугодий.

- 2 Начальное известкование площадей.
- 3 Интенсивное измельчение и перемешивание основного слоя загрязнения (90–95 % содержание радионуклидов).
- 4 Выравнивание микрорельефа.
- 5 Специальная вспашка на глубину 35–40 см.
- 6 Повторное известкование.

Последующая подготовка почвы к залужению осуществляется согласно принятым технологическим картам с помощью серийных машин и агрегатов в зависимости от состояния самой почвы.

Самыми опасными с точки зрения интенсивности перехода РВ в растения являются некультуренные сенокосы и пастбища, особенно заболоченные. Это обусловлено как биологическими особенностями многолетних трав, которые накапливают радионуклиды в 10–20 раз больше, чем злаковые культуры, так и размещением части сенокосов и пастбищ на малопродуктивных заболоченных землях, где наблюдается повышенный переход РВ из почвы в растение. Причем в годы с повышенным количеством осадков поступление радионуклидов в кормовые культуры может усиливаться на 20–30 %. Для некультуренных сенокосов и пастбищ первостепенными являются работы по окультуриванию и мелиорации, проведение которых позволяет снизить переход РВ из почвы в растения в 6–8 раз.

Для снижения аэрального переноса радионуклидов все операции по обработке почвы рекомендуется проводить широкозахватными и комбинированными машинно-тракторными агрегатами.

При одинаковых плотностях загрязнения почв радионуклидами степень загрязнения растений определяется гранулометрическим составом почв и их агрохимическими характеристиками. Из почвы, характеризующейся высоким плодородием, радионуклиды поступают и накапливаются в урожае значительно меньше, чем из низкоплодородных почв. Исходя из этого факта, основные агрохимические приемы были направлены на повышение плодородия

загрязненных почв. При внесении извести в почву улучшаются физические и химические свойства почв и в целом повышается ее плодородие.

Вместе с тем смещение величины рН в сторону щелочных значений вызывает снижение подвижности легкогидролизующихся радионуклидов, что уменьшает их доступность для растений. Наиболее эффективным прием известкования оказывается на кислых ненасыщенных основаниями почвах.

Снижение поступления радионуклидов в растения может быть следствием их конкурентных отношений с входящими в состав удобрений микроэлементами, прежде всего с неизотопными носителями. Исходя из конкурентных отношений пар химических аналогов, радиостронций-кальций и радиоцезий-калий, наблюдается существенное влияние солей кальция и калия на переход радионуклидов в растения. Уменьшение накопления радиоактивных веществ в растениях обеспечивается и при внесении таких удобрений, с компонентами которых радионуклиды образуют малорастворимые соединения.

Так, фосфорные удобрения способствуют повышению прочности закрепления ряда радионуклидов за счет осаждения их с труднорастворимыми фосфатами. В связи с этим в Беларуси широко применяется принцип внесения фосфорных и калийных удобрений в дозах, превышающих потребность в этих питательных элементах в 1,5–2,0 раза, а также известкование по двойной гидролитической кислотности. Довольно эффективным приемом является подбор сочетаний органических, минеральных, известковых и микроудобрений. Этот комбинированный прием позволяет добиться увеличения общего урожая и разбавления вследствие этого количества радионуклидов, приходящихся на единицу массы растений.

Значительный процент от загрязненных территорий республики занимают торфяники. На них необходимо применять почвозащитные технологии, поскольку возможно поверхностное вторичное загрязнение растений радионуклидами, которое в послеаварийные годы составило 5–10 % от общего загрязнения.

На пахотных землях необходима специальная противоэрозионная обработка на основе сочетания глубокого и мелкого безопасного рыхления и заправки органических удобрений. Цель почвозащитной обработки – предотвратить вторичное загрязнение радиоактивными веществами, в результате водной и ветровой эрозии, и ускорить процесс миграции радиоизотопов вглубь почвенного профиля. Однако реализовать почвозащитную обработку возможно лишь при широком использовании малотоксичных средств защиты растений. Вторичное поступление радионуклидов в растения можно снизить путем уменьшения числа обработок, проведением уборки растений на повышенном срезе, доработкой их в специальных хранилищах, прямым комбайнированием без укладки в валки, преимущественной заготовкой сочных кормов.

6.2 Ведение животноводства

Выделяется четыре группы мероприятий по уменьшению концентрации радионуклидов в продуктах животноводства:

- приемы, используемые при содержании животных на лугах и пастбищах, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- мероприятия по изменению рациона кормления сельскохозяйственных животных;
- перепрофилирование отраслей животноводства;
- технологическая переработка продуктов животноводства.

Корм – основной источник поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных. Поэтому основным мероприятием по ограничению поступления радионуклидов в организм животных непосредственно после радиоактивных выпадений на пастбища является прекращение выпаса животных и перевод их на стойловое содержание. При отсутствии запасов «чистых» кормов возможно 4–8 суточное голодание животных. В дальнейшем уменьшение поступления радионуклидов в организм животных может быть достигнуто путем коренного улучшения сенокосов и пастбищ – преоб-

разованием естественных сенокосов и пастбищ в обрабатываемые, подбором сортов культур и применением специальной агротехники их возделывания, мелиорация земель и т. д.

Изменение состава рациона кормления сельскохозяйственных животных, с целью уменьшения содержания радионуклидов в животноводческой продукции, включает несколько групп приемов [13]:

- 1) переход на использование «чистых» кормов или организация подбора кормов с различной концентрацией радионуклидов;
- 2) обогащение рациона добавками, которые используются в обычной практике при отсутствии в рационе животных радиоактивно загрязненных кормов, с увеличением их суточной дозы в 2–3 раза (например, увеличение содержания кальция в суточном рационе коров от 40–80 г, что характерно для обычного рациона, до 100–230 г приводит к уменьшению поступления стронция-90 в молоко в 8–11 раз);
- 3) обогащение рациона специальными ингредиентами, которые не применяются в практике кормления и введение которых способствует ускорению выведения радионуклидов из организма животных и препятствует их всасыванию в кровь животного (например, введение в рацион 1,5–3 г аммония – железа-гексацианоферрата в течение 6 недель приводит к уменьшению содержания цезия – 137 у овец в мышцах на 66 %, а переход цезия-137 в молоко коров снижается на 80–90 %);
- 4) использование эффекта выведения радионуклидов из организма животных путем организации заключительного откорма на «чистых» кормах.

Технология выращивания и откорма животных на мясо включает 2 периода. В первом производится выращивание и откорм крупного рогатого скота до 250–380 кг по общепринятым технологиям. После этого молодняк КРС переводится на заключительный откорм на чистые корма. Последующий перевод животных на чистые рационы сроком от 40 до 120 дней даст очистку мышечной ткани животных в 2–4 раза. Изменение структуры рациона кормления скота за счет увеличения концентратов с 30 до 70 % увеличи-

вает в 1,5 раза среднесуточные привесы животных и в такой же степени скорость выведения радиоактивного цезия из их организма.

Введенная в республике система заключительного откорма скота на чистых кормах позволяет исключить производство мяса с уровнем загрязнения вышедших норм. Установлено, что благодаря физиологическим процессам легче очистить живую мышечную ткань, чем мясо. В настоящее время на убой скот поступает через систему прижизненной радиометрии. Животные, имеющие содержание РВ выше допустимых уровней, возвращаются на откорм с использованием чистых кормов. Исключение составляет вынужденный убой больных животных, мясо которых отправляется на корм пушным зверям.

Использование специальных приемов кормления молочного стада [13]. Интенсивное ведение молочного скотоводства заключается в организации стойлового содержания животных, рационального кормления на основе зеленого конвейера и повышения их продуктивности. Лактирующим животным скармливают корма только с пахотных угодий с наименьшей плотностью загрязнения при минимальном потреблении сена естественных сенокосов. Заготовку кормов для дойного стада также рекомендуется проводить только на пахотных землях. Все корма должны пройти радиометрический контроль и рацион составляется таким образом, чтобы содержание в нем радионуклидов не превышало допустимого.

При перепрофилировании мясных отраслей учитывается, что наиболее «чистое» мясо производится в свиноводстве. Гораздо больше содержание радионуклидов отмечается в баранине. Сравнительно мало радионуклидов содержится в мясе и яйцах птицы.

Следовательно, при загрязнении кормов с радиозэкологической точки зрения наиболее рациональными отраслями животноводства являются птицеводство и свиноводство. Ведение этих отраслей базируется на использовании наименее загрязненных кормов (клубнеплодов, комбикормов, зернофуража) и на стационарном содержании животных в помещениях. Мясомолоч-

ное скотоводство и мясошерстяное овцеводство находятся в менее выгодных условиях, поскольку, как правило, основываются на пастбищной технологии содержания животных. Кроме того, наиболее уязвимым при использовании радиоактивных загрязненных кормов является производство молока. При относительно высоких плотностях загрязнения территории радионуклидами, когда получение животноводческой продукции для потребления человека становится невозможным, целесообразно использовать эти угодья для организации звероводческих хозяйств.

Снизить содержание радионуклидов в продуктах питания можно путем технической и кулинарной обработки. Такие простые операции как отмывание в воде или растворах слабых кислот могут уменьшить концентрацию радионуклидов в продуктах питания в 2–3 раза. Еще более эффективны такие приемы, как переработка зерна в крахмал, спирт, позволяющая снизить содержание цезия-137 и стронция-90 в 50 и более раз. При переработке зерна в муку много радионуклидов удаляется вместе с оболочками, которые содержат их значительно больше, чем зерно.

Переработка молока в другие молочные продукты снижает степень загрязнения его радионуклидами, причем, чем выше жидкость молочного продукта, тем меньше содержание в нем радионуклидов. Например, в твороге содержится в 4–6 раз меньше цезия-137, чем в молоке, в сыре – в 10, в сливках в 4–14 раз, в масле – в 50 раз. Перетопка сливочного масла удаляет практически полностью цезий-137 и стронций-90 из этого продукта. Переработка молока на порошковое и сгущенное молоко позволяет существенно уменьшить содержание в них короткоживущих радионуклидов. Уменьшить концентрацию радионуклидов в мясе можно в результате длительного его хранения в засоленном виде с последующим вымачиванием солонины. Применение этого технологического приема снижает концентрацию цезия-137 в мясе на 63–90 %. Перетопка сала сопровождается удалением 95 % цезия-137 в шкварку, в результате чего концентрация радионуклидов в топленом жире снижается почти в 20 раз.

Однако технологическая переработка продукции животноводства с целью уменьшения содержания радионуклидов экономически менее выгодна, чем использование приемов по ограничению накопления радионуклидов в продукции.

Комплексное применение рассмотренных выше приемов производства сельскохозяйственной продукции в условиях радиоактивного загрязнения территории позволило за истекший после аварии период значительно снизить степень загрязнения продукции радионуклидами. Однако проблема получения «чистой» продукции с ориентацией на мировые стандарты далеко не решена и требует дальнейшего совершенствования.

6.3 Организация питания в условиях жизнедеятельности на загрязненных радиоактивными веществами территориях

6.3.1 Содержание радионуклидов в продуктах питания

Радиоактивные вещества, попавшие с продуктами питания и питьевой водой внутрь организма, становятся источником внутреннего облучения, которое суммируясь с внешним его проявлением, создает определенную дозу облучения человека.

Для снижения доз облучения чрезвычайно важно контролировать содержание радионуклидов в продуктах питания и соблюдать элементарные санитарно-гигиенические требования.

Практика показывает, что наиболее «чистым» из овощей в силу своих биологических особенностей, являются картофель, огурцы, помидоры, редис, капуста. За ними следует морковь и свекла [13].

Наибольшая способность к накоплению радиоактивных веществ отмечена у гороха, бобов, фасоли, из зеленых культур – у щавеля.

Фрукты обычно не содержат значительного количества радионуклидов. Однако иной раз наблюдается поверхностное загрязнение, особенно около

плодоножек, цветоложа, или при сборе целых или поврежденных фруктов на загрязненной земле.

Плоды семечковых и косточковых культур (яблоки, груши, вишни, сливы и др.) радионуклиды накапливают незначительно.

Ягоды, особенно дикорастущие, собранные в местах, где высокая загрязненность на торфяниках, на болотных почвах, могут быть источником поступления радионуклидов в организм человека. У ягод часто наблюдается поверхностное загрязнение, особенно у низкорослых, которые дотрагиваются до земли или при налипании пыли к ягодам, имеющим влажную поверхность. Ягоды, а также другие лесные растения (грибы, лекарственные растения, травы), корневая система которых расположена неглубоко, являются наиболее «грязными», так как основное количество радионуклидов, оказавшихся в почве, содержится именно в лесной подстилке и нижележащим 1–5 сантиметром слое (около 95 % от всех радиоактивных веществ, содержащихся в почве). Так, например, черника, брусника, а также черная и красная смородина, особенно на старых кустах, может иметь повышенное содержание радиоактивных веществ. Клюква, которая обладает исключительно полезным профилактическим и лечебным действием, но собранная на загрязненных влажных болотах, также может быть «грязной». Подвижность радионуклидов на торфяно-болотных почвах повышена и они легче усваиваются растениями.

Среди ягод самые «чистые» земляника, крыжовник и золотистая (белая) смородина.

Радиоактивность грибов зависит как от места, где они растут, так и от их вида. Установлено, что темноокрашенные грибы набирают в себя стронция-90 в полторы тысячи раз больше, чем окружающие их растения, а светлоокрашенные – раз в пять меньше.

Больше всего радионуклидов накапливают маслята (особенно поздние), затем польский гриб, свинуха, груздь настоящий и черный, зеленка, волнушка, гаркуша, моховик желто-белый и лесной шампиньон. Средние уровни загрязнения характерны для боровика, подосиновика, сыроежки, подберезови-

ка, рыжика, груздя. Меньше всего – опята осенние, лисички, подзеленки. Следует отметить, что в шляпке гриба накапливаются больше радионуклидов цезия, чем в ножке.

В организм рыб радионуклиды поступают с пищей (донными растениями) и из воды через жабры. Так, стронций-90 накапливается преимущественно в костях рыб, а цезий-137 – в мясе, печени и, особенно интенсивно, в икре.

Наиболее загрязненными (по степени накопления радионуклидов) являются хищные и придонные рыбы (щука, окунь, карп, сом, карась, линь), а наименее загрязненными – обитатели верхних слоев вод (плотва, голавль и др.).

Содержание радиоактивных веществ в пресноводной и океанической рыбе разное. Так, наличие в воде океана устойчивых минералов предупреждает накопление радиоактивных веществ в рыбе и других морских организмах. Например, наличие в океанической воде кальция исключает поглощение стронция. Содержание же калия в морской воде приблизительно в 100 раз выше, чем в пресной. Такое большое различие в уровнях устойчивого калия объясняет намного более высокую концентрацию радиоактивного цезия (конкурирующего родственного элемента), в пресноводных организмах по сравнению с морским. Поэтому пресноводные рыбы накапливают больше радиоактивных веществ, чем рыбы, обитающие в соленой воде.

Загрязнение рыб цезием-137 зависит от места их обитания. Так, наиболее загрязненными являются рыбы, находящиеся в основном в придонном слое, такие, как карась, линь, окунь, щука, карп, сом и др., а наименее загрязненными – обитатели верхних слоев вод – плотва, судак, голавль и др. Скелеты всех рыб очень эффективно накапливают в своих костях стронций-90, независимо от прочности водоема. Наиболее чистыми как по цезию, так и по стронцию по сравнению с остальными являются судак и лещ.

Молоко и мясо домашнего скота загрязняются радионуклидами через корма. Так, при откорме свиней используют зерновые корма, картофель и

корнеплоды, которые всегда содержат меньше радиоактивных веществ, чем трава, поэтому в свинине их всегда будет меньше, чем в говядине, а в сале совсем незначительное количество.

Места избирательного накопления радиоцезия в теле животного – внутримышечные ткани (мясо) и внутренние органы, выполняющие фильтрующие функции (печень, почки, селезенке), а также – легкие. Стронций накапливается в костях, откуда он практически не выводится, сохраняясь до полного распада. Мясо, полученное от молодых животных, содержит меньшее количество цезия, зато в костях молодняка больше стронция.

Между содержанием цезия-137 в молоке и мясе имеется определенная зависимость, близкая к 1:4. В молоке уровень стронция-90 значительно выше, чем в молочных продуктах. Так, из молока в сливки переходит только 5 % стронция-90, в творог – 27 %, в сыры – 45 %. Цезий-137 переходит в масло, сметану, сыр и творог в количествах соответственно 1,5; 9; и 21 % [5].

В яйцах больше всего радионуклидов концентрируется в скорлупе, меньше всего – в желтке.

6.3.2 Способы снижения концентраций радионуклидов в загрязненных продуктах питания

Многие продукты животноводства и растениеводства, а также дары леса в этих областях могут иметь радиоактивное загрязнение. В первую очередь это относится к таким продуктам питания, как мясо (особенно диких животных), рыба, молочные продукты, грибы, ягоды, овощи и фрукты, выращенным на загрязненных радионуклидами территориях. Для того чтобы эти продукты питания стали пригодными к употреблению, их необходимо подвергать переработке.

Собранные грибы тщательно очищаются от лесного мусора и промываются в холодной воде, нарезаются на куски, заливаются раствором поваренной соли (30 граммов на литр воды). Соотношение массы грибов к объему воды должно быть 1:1.

Такие грибы, как масленок, польский гриб, моховик желто-бурый, горькушка, черный и белый груздь, волнушка, зеленка и др., являющиеся аккумуляторами радиоцезия, необходимо вымачивать в течение суток.

Далее грибы доводятся до кипения и кипятятся 10 минут, после чего раствор сливается. Затем они снова промываются холодной водой и заливаются свежим раствором, кипятятся. Общее время кипячения должно составлять не менее 60 минут.

Такой режим обработки грибов снижает концентрацию радионуклидов в них в 100 и более раз. После такой обработки грибы можно жарить, солить (при засолке грибов часть радионуклидов переходит в рассол, поэтому перед использованием их лучше промыть), мариновать. Этот способ пригоден и для обработки сушеных грибов.

Рыба очищается от чешуи, внутренностей, обязательно удаляются плавники и головы. Затем хорошо промываются в проточной воде. Далее рыба разрезается на куски по 50–100 г (мелкую можно не резать) и помещается в раствор поваренной соли. Каждые 1,5 часа раствор заменяется на свежий. Замену необходимо производить не менее 3 раз. Можно менять раствор чаще – это только ускорит очистку продукта от радионуклидов. После такой обработки рыбу можно употреблять в пищу в любом виде.

Для того чтобы снизить концентрацию радиоактивных веществ в молоке его необходимо переработать в продукты более длительного хранения (сливки, сметану, творог, сыр, сливочное и топленое масло). Такие продукты получают следующими способами. Первый – приготовление сливок из снятого молока и получение из последнего тощего (обезжиренного творога). Второй – приготовление из цельного молока жирного творога. Это позволит снизить загрязнение конечного продукта в 4–6 раз. Сыворотку, которая образуется при оттопке молока, необходимо исключить из употребления в пищу, т. к. в нее перешли радиоактивные вещества.

При переработке сливок, сметаны на сливочное масло основная доза радионуклидов переходит в пахту и промывную воду. При переработке мо-

лока на сливочное масло содержание радиоцезия снижается в 8–10 раз. А переработка сливочного масла на топленое сопровождается практически полным отделением радиоактивных веществ с оттопками, что позволяет очистить конечный продукт почти полностью (в 90–100 раз).

Имеется ряд простых, безвредных и достаточно эффективных способов переработки загрязненного радионуклидами мяса (таблица 6.1).

При помощи промывки в проточной воде или вымачивании в соляном растворе. Известно, что радиоактивные элементы вымываются водным раствором поваренной соли. В водный соляной раствор можно добавить и немного уксусной эссенции или аскорбиновой кислоты. Тогда из очищаемого продукта белки не теряются. При этом цезий – активный и подвижный элемент – быстро переходит в раствор. Стронций же образует с кислотами гидроокислы, нерастворимые в воде и выпадающие в осадок. Надо только периодически заменять раствор свежим.

Так, при промывке загрязненного радионуклидами мяса в проточной воде или вымачивании его в растворе поваренной соли на протяжении 6–12 часов концентрация радионуклидов в нем уменьшается более чем в два раза.

При помощи варки. Снизить концентрацию радиоактивных веществ в мясе, предварительно промытом в проточной воде и вымоченном в соляном растворе, можно также и при помощи варки, но с обязательным удалением отвара (бульона) после 8–10-минутного кипячения.

Следует иметь в виду, что аккумулярованные в мясе, внутренних органах и костях радионуклиды экстрагируются по-разному. Так, при варке из мяса, а также печени и легких, загрязненных радионуклидами, в бульон переходит примерно 50 % стронция и цезия, а из костей – всего 3–5 %.

При засолке (консервировании).

Одним из способов консервирования мяса путем засолки его в рассоле для длительного хранения – широко известное приготовление солонины. При этом уже через месяц до 30 % радионуклидов переходит в рассол.

Выведение цезия из солонины, нарезанной по 20–30 г, проводится просто – с помощью холодной воды при температуре 4–5 градусов, которая заменяется на чистую через 3 часа и не менее трех раз. Если после этого в солонине ощущается избыток соли, вымывание можно продолжить. Очищенная таким образом от радионуклидов солонина пригодна для приготовления колбас и другой кулинарной обработки.

При засолке (мяса, овощей и др.) такие минеральные вещества, как натрий и калий, аналогичные по своим свойствам цезию, вытесняют его из продуктов питания. На этом и основан способ извлечения цезия из мяса при вымачивании его в 10 %-ном растворе соли.

При перетопке. Сало содержит меньше радионуклидов, чем другие продукты животноводства. При его перетопке жир становится практически чистым.

Таблица 6.1 – Способы переработки мяса и степень снижения концентрации радиоцезия в продуктах

Способы переработки	Продукт	Снижение содержания радиоцезия в продукте, раз
Варка (30–40 минут)	мясо	3–6
Засолка и вымачивание солонины (3–4 разовая обработка со сменой расола)	мясо	3–100
Промывка в проточной воде или в растворе поваренной соли (12 часов)	мясо	1,5–3
Перетопка	сало	20

При подготовке продуктов растениеводства к употреблению необходимо использовать простейшие приемы первичной очистки, что приводит к снижению радиоактивного загрязнения продуктов в 2–10 и более раз. Это:

- тщательная промывка овощей и фруктов (особенно поврежденных) от грязи в проточной воде;
- снятие верхнего кроющего листа (кожуры);
- удаление ботвы у корнеплодов и срезание мест прикрепления листьев (венчиков);
- очистка мытого клубня;

- облущивание и снятие пленок;
- отваривание, вымачивание с обязательным сливом бульона (рассола).

Например:

- » огурцы и помидоры достаточно перед использованием промыть, потому что в них практически не накапливается радионуклидов;
- » капусту нужно употреблять без верхних 3–4 листьев и кочерыжки. Удаление кроющих листьев снижает загрязнение до 40 раз;
- » горох, боб, фасоль, щавель необходимо обязательно проверять в лабораториях или постах радиационного контроля, потому что они в силу своих биологических особенностей являются хорошими накопителями радионуклидов;
- » яблоки, груши, сливы, вишни и другие плоды необходимо промывать проточной водой, особенно около плодоножек и цветоложа;
- » лук, салат, петрушку, редис и другие овощи обязательно отмывают от частиц почвы;
- » картофель и корнеплоды необходимо тщательно промывать два раза – перед тем, как снимать кожуру и после. У свеклы, моркови, брюквы, репы, редьки и др. Корнеплодов обязательно нужно удалять ботву вместе с головкой. Очистка мытого картофеля снижает уровень загрязнения в нем в 2 раза, а промывка в проточной воде корнеплодов – в 5–7 раз. При вымачивании очищенных клубней картофеля в холодной, подсоленной воде в течение 3–4 часов вымывается до 40 % радионуклидов, при варке со сменой солевого раствора через 15 минут после закипания – до 80, а у моркови – до 90 %;
- » облущивание и снятие пленок, с ячменя, овса и др. зерна снижает загрязнение в 10–15 раз.

При варке свеклы, картофеля, фасоли нужно сливать отвар после 8–10-минутного кипячения, поскольку туда экстрагируется от 50 до 80 % цезия-137.

Все вышеприведенные способы загрязненных продуктов питания позволяют снизить накопление в них не только радионуклидов, но также нитратов и других токсических веществ.

6.3.3 Пищевые добавки и продукты питания, снижающие действие радиации

В Беларуси принята специальная программа, предусматривающая выпуск продуктов питания, в том числе и хлебобулочных изделий, особенно полезных в условиях радиоактивного загрязнения (основным источником поступления цезия-137 в организм являются мясные продукты, а стронция-90 – хлебобулочные). Разработан широкий ассортимент хлебобулочных и кондитерских изделий с добавлением морской капусты, масляного раствора бета-каротина, экстракта корня солодки, фруктовых добавок, богатых микроэлементами, витаминами и пектиновыми веществами. Данные наполнители совершенно не портят вкуса хлеба, изменяя только цвет мякиша.

Основное направление в развитии ассортимента булочных и кондитерских изделий – это снижение содержания сахара и жира и обогащение их всевозможными фруктовыми, молочными добавками, витаминами. В последние годы широкое применение нашли такие добавки, как сок плодовый или ягодный (концентрированный), сироп фруктовый, сухой яблочный порошок, повидло, пюре яблочное, молоко сухое с яблочным соком, молоко сухое с растительным маслом и др. При разработке новых видов хлеба используется солод, тмин, концентрированное квасное сусло, картофельная крупка.

Вырабатывается более 20 наименований продукции специального диетического и диабетического назначения: хлеб зерновой, хлебцы докторские, хлеб молочно-отрубный, хлебцы диетические отрубные с лицетином, сухари витаминизированные, в рецептуру которых входит дробленое зерно, пшеничные отруби, витамины В1, В2. Эти изделия полезны людям с заболеваниями кишечника, избыточным весом, пожилым – при атеросклерозе. В условиях радиоактивного загрязнения они приобретают особое значение как продукты, способствующие выведению радионуклидов из организма, а также обогащающие организм витаминами, микроэлементами, тем самым укрепляющие защитные функции организма.

В последние годы в связи с аварией на Чернобыльской АЭС специалисты занимаются проблемой изыскания и ввода в хлеб и хлебобулочные изделия веществ, способствующих повышению устойчивости организма к радиационному воздействию, а также выведению радионуклидов из организма.

Одним из наиболее физиологичных и абсолютно безопасных путей преодоления неблагоприятного действия радиации на организм является использование в пищу натуральных продуктов, содержащих естественные витамины, ферменты, микроэлементы и другие биологически активные вещества в количествах и сочетаниях, встречающихся в природе.

Минеральные вещества не только (как витамины) обеспечивают защитные функции организма, но и препятствуют накоплению радионуклидов. Они содержатся в растениях в виде солей неорганических кислот, которые входят в состав клеток и межклеточных жидкостей. Неорганические соединения являются обязательными составными частями всех живых организмов, которые усваивают их с пищей, водой и воздухом. Обогащение рациона минеральными солями, содержащими йод, калий, магний, железо и др., служит для замещения радионуклидов и восполнения дефицита микро- и макроэлементов. Так, насыщение организма естественным йодом, калием и кальцием препятствует накоплению в нем радиойода ($J-131$), радиостронция ($CR-90$) и радиоцезия ($CS-137$).

Среди микроэлементов, поступающих с продуктами питания в организм, особое место отводится кальцию и калию, аналогам столь опасных стронция и цезия.

Минеральные вещества выводятся из организма, поэтому необходимое их количество должно уравниваться за счет поступления с продуктами питания.

Недостаток неорганических соединений вызывает расстройства физиологических функций и может являться даже причиной смерти. Избыток также приводит к нарушениям функций органов.

Некоторые природные компоненты питания обладают способностью образовывать химические соединения с токсичными веществами. Самым известным из всех этих очищающих компонентов является пищевое волокно, которое способствует выведению из организма не только радиоактивных веществ, но также и шлаков.

Пищевое волокно включает структурные части растений, например, отруби цельных зерен или стебли, семечки, кожура овощей и фруктов. Хотя пищевое волокно не переваривается и не усваивается в кишечнике человека, тем не менее оно очень важно для нашего питания благодаря своему воздействию, т. к. помогает организму регулировать усвоение питательных веществ. Таким образом, мы сами становимся собственным регулятором чистоты нашего организма.

Одно из положительных воздействий пищевого волокна на наш организм заключается в том, что оно способствует росту в кишечнике благотворных бактерий, которые синтезируют витамины группы *B*, продуцируют ферменты, улучшающие пищеварение, предупреждают размножение вредных микроорганизмов и образование токсинов и канцерогенов. Это, в свою очередь, оказывает антитоксическое воздействие и снимает напряжение иммунной системы.

Свежие овощи, фрукты, цельные зерновые культуры, бобовые, орехи, и семена, морские водоросли – продукты питания, укрепляющие наш организм, защищающие его от воздействия радиации и, являющиеся необходимыми и очень важными для питания лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях.

Овощи очень полезны в том плане, что они помогают поддерживать сбалансированный химический состав в организме, защищают нас от воздействия радиации. Серосодержащие аминокислоты, находящиеся в овощах, вступают в связь с токсическими веществами, которые затем выводятся из организма. Овощи также способствуют кроветворению, улучшают функцию

вилочковой железы и усиливают иммунитет, а также играют важную роль в снабжении нашего организма клетчаткой.

Зеленые овощи богаты хлорофиллом, железом, витаминами комплекса *B*, в особенности фолиевой кислотой, витаминами *A*, *C* и *E* и минералами – калием, магнием и кальцием.

Листовые зеленые овощи такие, как молодые листья турнепса, листовая капуста, шпинат, листья сахарной свеклы – отличный источник кальция.

Среди овощей морковь занимает одно из первых мест по питательной ценности. Морковь особенно богата каротином, который под воздействием ферментов печени преобразуется в витамин *A*.

Пектины и клетчатка капусты адсорбируют, нейтрализуют и способствуют выведению из организма микробных токсинов, солей тяжелых металлов (свинца, ртути, стронция, цезия, урана и др.). Серосодержащие аминокислоты цистеин и метионин связывают свободные радикалы, образующиеся при облучении в клетках, и таким образом защищают органеллы от токсического влияния. Значительное количество калия в капусте препятствует всасыванию и способствует выведению радиоактивного цезия из организма. Поэтому капуста включена в рацион лиц, работающих на вредных производствах, с источниками радиоактивных излучений. Капуста как наиболее распространенное растение, обладающее выраженным радиозащитным действием, должна широко употребляться в пищу жителями районов, где зарегистрирован повышенный радиоактивный фон.

Чеснок обладает выраженным противорадиационным действием. Он связывает соли тяжелых металлов, нивелирует действие радиоизлучения на клетки. В чесноке содержится селен, который связывает свободные радикалы, и таким образом уменьшает поражающее действие радиации на организм, а также тормозит разрушение липидов (жиров). Чеснок необходимо употреблять в пищу людям, работающим с ионизирующим излучением.

Содержащийся в овощах витамин *C* выполняет самую разнообразную работу: способствует кроветворению, противодействует токсическим веще-

ствам, поддерживает иммунную систему и защищает клетки от радиации. В целом витамин С играет важную роль в дезинтоксикации организма.

Продукты, богатые клетчаткой, стимулируют желчеотделение, выводят соли тяжелых металлов, улучшая опорожнение кишечника (укроп, хрен, баклажан, свекла, морковь, капуста, дыня, тыква, репа, виноград, чернослив и др.).

Поскольку кровь (особенно здорового человека) обладает радиозащитными свойствами, то процесс кроветворения можно улучшить за счет богатой железом листовой зелени, чем за счет железосодержащих добавок, которые лишь частично помогают вырабатывать кровь, богатую эритроцитами. Организму необходима и фолиевая кислота, которая содержится в зеленых овощах, т. к. она способствует образованию эритроцитов.

Цельное зерно богато сложными углеводами, витаминами группы В, железом, цинком, кальцием и микроэлементами, является источником белков, но имеет низкое содержание жиров и натрия. Оно обеспечивает наш организм пищевыми волокнами и фитатами, которые играют важную роль в защите организма от радиации. Поэтому очень важно, чтобы зерно употреблялось в пищу в цельном виде. Используемые в настоящее время способы переработки и очистки зерна в огромной мере снижают питательные и радиозащитные качества зерна. Даже когда в очищенные зерновые продукты (муку, макаронные изделия и т. п.) добавляют витамины и минералы, они по-прежнему остаются дроблеными продуктами питания.

Цельное зерно помогает защищать наш организм от разрушительного воздействия радиации по следующим причинам:

- 1 Зерновые располагаются в начале пищевой цепочки. Хотя зерновые культуры и могут подвергаться воздействию загрязняющих и радиоактивных веществ, в них нет той концентрации загрязняющих веществ, которая характерна для мяса и рыбы, находящихся в конце пищевой цепочки;
- 2 Важным с точки зрения радиационной защиты является высокое содержание в зерне пищевых волокон и фитатов. Связывающая способность этих веществ помогает организму выводить яды;

3 Зерновые уменьшают время пребывания пищи в кишечнике, и тем самым, ускоряют процесс выведения токсинов;

4 Являясь нейтральными по своему кислотно-щелочному показателю, зерновые помогают поддерживать кислотность на нужной уровне, увеличивая сопротивляемость организма к радиации;

5 Цельное зерно снабжает наш организм витамином B_6 , который исключительно важен для вилочковой железы. Кроме того, содержащийся в зерне кальций защищает нас от поглощения радиоактивного стронция, а витамин E и селен предупреждают повреждение клеток свободными радикалами.

Бобовые являются важным источником белка и кальция, снабжают организм витаминами A и B . Более того, они содержат ряд ингибиторов рака и обладают радиозащитными функциями.

Установлено, что вещества, содержащиеся в бобовых, могут выводить радиацию. Фитаты, включая фитиновую кислоту, представляют собой фосфорные соединения, которые содержатся в большинстве растительных продуктов питания, но особенно ими богаты бобы, горох и цельные зерна. Фитаты обладают способностью соединяться с токсичными и радиоактивными элементами и выводить их из организма. Поскольку бобовые содержат пищевые волокна и фитаты, их радиозащитная ценность особенно велика.

Радиозащитные качества орехов и семян заключается в том, что они содержат пищевые волокна (в частности, пектин) и фитаты связывающие вещества, которые способствуют выведению радиоактивных веществ. Кроме того, их защитная функция объясняется наличием в них таких питательных веществ, которые исключают поглощение схожих с ними радиоактивных. Витамин E , содержащийся в орехах и семенах, выполняет роль антиоксиданта, который поглощает свободные радикалы и восстанавливает повреждения, вызванные радиацией.

Морские овощи. Как было показано выше, наличие в продуктах питания кальция блокирует поглощение человеческим организмом стронция-90, т. е. препятствует попаданию этого сходного с кальцием, но радиоактивного

элемента в кости. Одной из причин, почему морские овощи могут защитить наш организм от разрушительного воздействия радиации, является высокое содержание в них кальция.

Морские овощи также содержат йод, который является абсолютно необходимым для функционирования щитовидной железы. Щитовидная железа влияет на обмен веществ и способствует устойчивости к инфекциям. Дефицит йода может привести к появлению слабости, нарушению метаболических процессов и увеличению веса.

Другим радиозащитным фактором, содержащимся в морских овощах, является альгинат натрия, который, вступая в связь с радиоактивными элементами, способствует выведению их из организма. Производные альгиновой кислоты оказывают сильное блокирующее воздействие на всасывание радиоактивного стронция в кишечнике.

7 ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

7.1 Электромагнитное загрязнение биосферы

Все более возрастающую роль в общем потоке негативных антропогенных воздействий на биосферу приобретает ее физическое загрязнение. Последнее связано с изменением физических параметров окружающей среды, то есть с их отклонением от параметров естественного фона.

В настоящее время наибольшее внимание привлекают изменения электромагнитных и виброакустических параметров окружающей среды, которые рассматриваются как волновые или энергетические загрязнения. Спектр частот известных электромагнитных колебаний чрезвычайно широк: от близких к нулю до $3 \cdot 10^{22}$ Гц (рентгеновское излучение). В связи с этим обстоятельством и различием способов получения и регистрации, а также в связи с многообразием проявлений электромагнитных колебаний весь спектр разбит на четыре диапазона [10].

Первый: радиоволны, возбуждаются при движении электромагнитных зарядов в системах, образованных телами макроскопических (надмолекулярных) размеров, частоты $0 < f < 6 \cdot 10^{12}$ Гц, $\lambda > 5 \cdot 10^5$ м. Согласно международному регламенту радиосвязи длины (частоты) радиоволны делятся на 12 диапазонов.

Второй: оптические волны (излучения) возбуждаются при движении электрических зарядов в системах атомно-молекулярных размеров. Спектр частот, $f = 3 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{16}$ Гц, $\lambda = 10^{-3} - 10^{-8}$ м. Весь спектр оптического излучения разделен на три диапазона:

- инфракрасное ($f = 3 \cdot 10^{11} - 3,9 \cdot 10^{14}$ Гц, $\lambda = 10^{-3} - 0,77 \cdot 10^{-6}$ м) или тепловое излучение;
- видимое ($f = 3,9 \cdot 10^{14} - 7,9 \cdot 10^{14}$ Гц, $\lambda = 0,77 \cdot 10^{-6} - 0,38 \cdot 10^{-6}$ м) или световое излучение;
- ультрафиолетовое излучение ($f = 7,9 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}$ Гц, $\lambda = 0,38 \cdot 10^{-6} - 10^{-8}$ м).

Третий. Рентгеновское излучение ($f = 3 \cdot 10^{15} - 3 \cdot 10^{22}$ Гц, $\lambda = 10^{-8} - 10^{-14}$ м).

Четвертый диапазон: гамма-излучение ($f > 3 \cdot 10^{18}$ Гц, $\lambda < 10^{-10}$ м).

Важнейшей составляющей комплекса мер по защите окружающей среды от энергетических загрязнений является их нормирование, то есть установление того уровня энергетического загрязнения, превышение которого недопустимо при организации в данном месте нового производства (предприятие, ТЭС и т. п.) или реконструкции прежнего. Если при химическом загрязнении этим предельным уровнем является предельно допустимая концентрация (ПДК), то при энергетическом загрязнении введен предельно допустимый уровень (ПДУ) энергетического загрязнения. ПДУ, как и ПДК, устанавливается отдельно для техносферы (для рабочей зоны) и для окружающей среды (населенной местности).

В связи с особенностями взаимодействия электромагнитного поля (ЭМП) с биологическими объектами диапазон частот радиоволн делят на три поддиапазона [10]:

- 1) $0 - 10^6$ Гц – влияние магнитной и электрической составляющих ЭМП на биосферу можно рассматривать отдельно;
- 2) $10^6 - 10^9$ Гц – влияние магнитной и электрической составляющих ЭМП на биообъекты разделить невозможно;
- 3) $10^9 - 10^{12}$ Гц – указанное влияние разделить также невозможно; в данной области частот на биообъекты всегда действует сформировавшаяся электромагнитная волна.

Основными искусственными источниками ЭМП являются: радиолокационные, радио- и телепередающие станции, электростанции и трансформаторные подстанции, энергосиловые установки, воздушные линии электропередачи (ЛЭП), телеприемники, СВЧ-печи, радиотелефоны, компьютеры, кабельные сети и др. Суточные колебания техногенного ЭМП изменяют электромагнитную обстановку в биосфере.

Заслуживают серьезного внимания образование статических электрических полей. Так, на поверхностях таких материалов, как линолеум, пла-

стиковые плитки, синтетические ткани одежды образуются большие электрические заряды, способные возбудить огромные напряженности электростатического поля – до 3 000 кВ/м. Последние могут вызывать электрический пробой воздуха.

Природные ЭМП – это естественные синхронизаторы ритмов организма. В период солнечных вспышек, когда радиоизлучение Солнца возрастает в 1000 и более раз, данные природные ЭМП выступают в роли десинхронизатора и у ослабленных людей могут обостряться сердечно-сосудистые, психические и другие заболевания.

Техногенные ЭМП, приводят к десинхронизации функциональных процессов в организме.

Биологический эффект воздействия ЭМП зависит от его частоты, интенсивности, продолжительности, характера и режима облучения. ЭМП может усилить тепловое движение молекул в живой ткани, вызвать ожоги, катаракты, нарушения нормального развития утробного плода.

Последствия хронического действия ЭМП радиочастот следующая: головная боль, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушение сна, боль в области сердца. Затем легкая возбудимость, снижение памяти, головокружения, обмороки, сжимающие боли в области сердца, сужение артерий сетчатки, повышение артериального давления.

При воздействии СВЧ-излучения возможно развитие катаракты, как при кратковременном облучении, так и при длительном воздействии невысоких уровней облучения. Для крови характерна тенденция к лейкоцитозу, возможны изменения со стороны эндокринной системы (гиперфункция щитовидной железы, нарушение функции половых желез) [10].

Низкочастотные электрические поля, несмотря на то, что экранируются и ослабляются живыми организмами, все равно отрицательно влияют на физиологическое состояние животных, поражая кожу, волосяной покров, семенники, вызывая развитие онкозаболеваний, импотенции, стерильности.

7.2 Защита окружающей среды от тепловых загрязнений

По распространению и масштабам воздействия на окружающую среду тепловое загрязнение – это один из наиболее крупных видов физического загрязнения. Проблема теплового загрязнения имеет два измерения: глобальное и локальное [10]. В глобальном масштабе это загрязнение составляет лишь 0,019 % от поступающей на Землю солнечной радиации, или примерно $1,68 \cdot 10^5$ млн МВт.

Более впечатляющи локальные очаги теплового загрязнения. В Европе принято, что вода водоема не должна подогреваться больше, чем на 3 °С по сравнению с естественной температурой водоема. Из всех тепловых сбросов 18 % приходится на отходы использования тепла, 22 % – отопления и горячего водоснабжения и 42 % – теплоконденсации на ТЭС [10]. Первый и третий виды сбросов, как правило, отводят непосредственно в атмосферу, вторые и четвертые – через системы водяного охлаждения.

В качестве примера масштаба теплового загрязнения атмосферы, можно привести следующий: от промышленного центра с населением 2 млн. человек, с электростанциями суммарной мощностью 4 600 МВт и нефтехимическими заводами шлейф тепловых загрязнений распространяется на 80–120 км при ширине зоны загрязнения 50 км и высоте около 1 км [10].

В проблеме теплового загрязнения можно найти полезное применение тепловым отходам: использовать для орошения сельскохозяйственных земель; в тепличном хозяйстве; подогрева свежей воды, поступающей на электростанцию, для предупреждения осаждения солей на стенках трубопроводов; защиты животных в природе путем устройства подогреваемых зимой прудов для водоплавающей птицы и др.

7.3 Защита окружающей среды от виброакустических загрязнений

Изменение виброакустических параметров окружающей среды связано с возникновением либо малых механических колебаний (вибраций) в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, либо упругих колебаний (звуковых, или акустических полей) в твердой, жидкой или газообразной среде вследствие воздействия на среду какой-либо возмущающей силы. Так, крыльчатка вентилятора передает энергию молекулам воздуха, которые, в свою очередь, передают энергию соседним молекулам и т. д. – в воздушной среде возникают колебания: в каждой точке окружающего воздушного пространства на постоянное атмосферное давление накладывается периодическая (апериодическая) составляющая давления, которую слуховой аппарат человека воспринимает как звук. Если последний нежелателен для человека, то это – шум.

Деятельность человека в биосфере сопряжена с невольным и все возрастающим производством ненужных для людей, фауны, флоры звуков – шумов, а также вибраций.

Шум в окружающей среде вызывается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри объекта: средствами транспорта; оборудованием предприятий, вентиляторами, компрессорными установками, станциями для испытания двигателей и др. Нарастание шума происходит и из-за шума водного и воздушного транспорта, сельхозмашин, ЛЭП, ветряных электростанций, мобильных средств.

В городе интенсивность шума каждые 25–30 лет возрастает примерно в 10 раз. Человек реагирует на шум в зависимости от субъективных особенностей организма, привычного шумового фона. Раздражающее действие шума зависит от его уровня, спектральных и временных характеристик. Считается, что даже шумы с уровнем ниже 60 дБ вызывают нервное раздражение, и существует прямая связь между уровнем шума и увеличением числа нервных заболеваний. Специфическим характером воздействия на организм человека

отличаются инфразвуковые волны: имеют естественное (обдувание сильным ветром крупных неоднородностей ландшафта, строительных сооружений, водных поверхностей) или искусственное происхождение (механизмы с большой поверхностью с числом рабочих циклов не более 20 в секунду, реактивные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, турбины, вентиляторы, компрессоры и другие установки, создающие большие турбулентные массы потоков газов, транспорт) [10].

К основным производственным источникам вибраций относятся: оборудование ударного действия (молоты, машины для забивания свай под фундаменты зданий), рельсовый транспорт, мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации. Вибрации распространяются по грунту и достигают фундаментов зданий, инженерных сооружений, что может вызвать неравномерность осадки грунта и фундамента, разрушение размещенных на них зданий и сооружений.

Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие обслуживающего персонала и помехи для работы в зданиях. Протяженность зоны воздействия вибрации в окружающей среде определяется интенсивностью (амплитудой) вибрации источника (фундамента машины), а также величиной затухания вибрации в грунте и может достигать 150–200 м [25].

Воздействия вибрации на человека классифицируются: по способу передачи колебаний; направлению действия вибрации; временной ее характеристике [26]. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, локальная – через руки, через ноги сидящего человека, через предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями. Вибрация постоянна, если на время наблюдения контролируемый параметр изменяется не более чем в 2 раза.

Характер реакции организма на вибрацию определяется силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела. Между вибрационным воздействием и реакцией нет прямой зависимости.

Причиной этому служит резонансный эффект, возможный при частотах вибраций, больших, чем 0,7 Гц. Так, область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20–30 Гц, при горизонтальных – 1,5–2 Гц, расстройство зрительных восприятий проявляется в диапазоне 60–90 Гц, для органов в грудной клетке и брюшной полости резонансная область составляет 3–3,5 Гц [10] и т. д.

Общая вибрация воздействует на нервную систему, вестибулярный, зрительный и тактильный анализаторы. Последствия: головокружение, расстройство координации движений, симптомы укачивания, сужение и выпадение отдельных секторов поля зрения, снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности.

Толчкообразная вибрация вызывает микротравмы тканей. Общая низкочастотная вибрация влияет на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового и других обменов, биохимических показателей крови.

Распространена локальная вибрация при работе с ручным механизированным инструментом. Вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушение снабжения конечностей кровью. Действие локальной вибрации на нервные окончания, мышечные и костные ткани вызывает снижение кожной чувствительности и отложение солей в суставах пальцев. Заболевания развиваются в течение 8–15 лет. Усугубляют действие вибрации большие мышечные нагрузки и неблагоприятные микроклиматические условия на рабочих местах.

В условиях производства инфразвук часто сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев – с низкочастотной вибрацией. При инфразвуке уровня 110–150 дБ наблюдается нарушения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах; в вестибулярном анализаторе. При 105 дБ наблюдается повышение тревожности и неуверенности, эмоциональной неустойчивости.

Необходимость защиты от действующих источников шума определяется сравнением результатов измерений уровней с нормативами для рабочей зоны или окружающей среды. Для проектируемых объектов необходимость защиты определяется на основании акустического расчета.

Вибрацию можно снизить либо путем совершенствования механизированных технологий, т. е. путем снижения вибрации в источнике ее возникновения, либо путем принятия мер по снижению этого загрязнения после его выхода из источника – на путях распространения вибрации в окружающей среде.

Минимизация вибраций в источнике должна производиться на этапе проектирования.

Одна из причин вибраций оборудования с вращающимися элементами – смещение центра масс относительно оси вращения, что приводит к возникновению неуравновешенной центробежной силы (F):

$$F = mew^2,$$

где m – масса вращающейся системы;

e – эксцентриситет центра массы относительно оси вращения;

w – угловая скорость.

Снизить уровень возникающих вибраций можно посредством балансировки вращающихся частей, принятием мер по устранению излишних люфтов и зазоров, а также путем устранения резонансных режимов работы оборудования. Это должно быть достигнуто выбором режимов работы при тщательном учете собственных частот машин и механизмов. При эксплуатации технических средств возможны изменения характеристик жесткости агрегатов, что приводит к изменению собственных частот, режимом их работы. Это, в свою очередь, может приблизить собственную частоту машины к частоте вынуждающей силы и стать причиной возникновения интенсивных вибраций.

Основной путь защиты от ЭМИ в окружающей среде – защита расстоянием. Для соблюдения нормативных ПДУ для ЭМИ в населенной местности планировочные решения при размещении радиотехнических объектов (РТО) выбирают с учетом мощности передатчиков, характеристики направленности, высоты размещения и конструктивных особенностей антенн, рельефа местности, функционального значения прилегающих территорий, этажности застройки. Площадка РТО оборудуется согласно строительным нормам и правилам, на ее территории не допускается размещение жилых и общественных зданий. Для защиты населения от воздействия ЭМИ устанавливаются – при необходимости – санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и зоны ограничения застройки.

Измерение шума в зоне жилой и общественной застроек производится на высоте 1,2 м, в точках, отстоящих от стен зданий не меньше, чем на 2 м; в самих помещениях (при открытых форточках) – не менее чем в трех точках на высоте 1,2 м, удаленных на 1,2 м и более от стен [10].

Уровни звукового давления постоянного во времени шума измеряются в октавных полосах частот, в дБ. Измерение, уровней звука, в дБА позволяет только сравнить шум с допустимыми нормами, знание октавных уровней звукового давления позволяет осознанно строить работу по защите от шума.

8 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

8.1 Экологическая паспортизация и экспертиза объекта АПК

Экологическая паспортизация необходима для документального описания эколого-экономических характеристик объекта-природопользователя, учета всех видов техногенных воздействий на окружающую среду и сравнительного анализа вклада различных производственных процессов в общую природоемкость. В экологический паспорт вносится, периодически корректируется и обновляется информация об исходных данных для расчета материально-энергетических балансов, учета отходов производства, источников выбросов и сбросов, сведения о технико-экономических показателях предприятия, планируемых и фактических затратах на мероприятия по достижению нормативных ПДВ и ПДС, а также о природоохранных мерах.

При осуществлении мероприятий, связанных с воздействием на окружающую среду, природные экосистемы, здоровье людей необходимо заранее, на уровне предпроектной или проектной документации, исключить возможные отрицательные негативные последствия путем проведения экологической экспертизы. Под экологической экспертизой следует понимать систему комплексной оценки всех экологических и социально-экономических последствий осуществления проектов, функционирования народнохозяйственных объектов, принятия решений, направленных на предотвращение их отрицательного влияния на окружающую среду и на решение намеченных задач с наименьшей затратой ресурсов и минимальными последствиями [4].

Цель государственной экологической экспертизы:

1) определение уровня экологической опасности, которая может возникнуть в процессе осуществления хозяйственной и иной деятельности, в настоящем или будущем и, прямо или косвенно, оказать отрицательное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения;

- 2) оценка соответствия планируемой, проектируемой хозяйственной и иной деятельности требованиям природоохранного законодательства;
- 3) определение достаточности и обоснованности, предусматриваемых проектом мер по охране окружающей среды.

Государственная экологическая экспертиза проводится государственными органами по экологии на основе принципов законности, научной обоснованности, комплексности и гласности с участием в необходимых случаях государственных и общественных организаций.

Государственная экологическая экспертиза осуществляется в порядке, определяемом законодательством Республики Беларусь. Объектами государственной экологической экспертизы являются:

- » предплановая, предпроектная и проектная документация по хозяйственной и иной деятельности, которая может оказать отрицательное воздействие на окружающую среду;
- » проекты планов (программ), основных направлений, схем развития и размещения производительных сил и отраслей народного хозяйства;
- » действующие предприятия и другие объекты; экологическое состояние регионов и местностей. Государственной экологической экспертизе подлежат также другие проекты, решения, системы, объекты, внедрение или реализация которых может привести к нарушению норм экологической безопасности. Реализация проектов без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещается и не подлежит финансированию.

Общественная экологическая экспертиза проводится по инициативе общественных организаций, Советов депутатов и граждан за счет собственных средств или на общественных началах и проводится независимо от государственной экологической экспертизы.

Задачи контроля в области охраны окружающей среды состоят в обеспечении соблюдения юридическими лицами и гражданами требований законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды. Система

контроля в области охраны окружающей среды состоит из государственного, ведомственного и производственного контроля.

Государственный контроль обеспечивают местные и иные специально уполномоченные на то государственные органы. Ведомственный контроль в области охраны окружающей среды осуществляется министерствами, государственными комитетами с целью обеспечения выполнения подведомственными предприятиями и организациями планов и мероприятий по охране окружающей среды, природоохранного законодательства. Общественный контроль осуществляется общественными организациями, трудовыми коллективами и ставит своей задачей проведение проверки соблюдения юридическими лицами природоохранного законодательства, а также выполнения мероприятий по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Организация производственного экологического контроля (ПЭК) осуществляется за:

- выполнением и соблюдением требований законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды;
- проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;
- выполнением мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, предписаний специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;
- обращением с опасными веществами, отходами;
- работой природоохранного оборудования и сооружений;
- степенью готовности к аварийным ситуациям, наличием и техническим состоянием оборудования по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- состоянием окружающей среды в зоне воздействия на нее хозяйственной и иной деятельности объекта-природопользователя (в дальнейшем природопользователя);

- ведением природопользователем документации по охране окружающей среды;
- соблюдением природопользователем лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод и лимитов размещения отходов производства;
- учетом номенклатуры и количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от хозяйственной и иной деятельности природопользователя;
- обеспечением своевременной разработки (пересмотра) природопользователем нормативов в области охраны окружающей среды.

Производственный экологический контроль может быть плановым и внеплановым. Плановый ПЭК должен осуществляться согласно плану проверок, разработанному подразделением и утвержденному руководителем объекта-природопользователя. Внеплановый ПЭК осуществляется с целью выявления подразделением нарушений природопользователем установленных нормативов в области охраны окружающей среды, других требований законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды, невыполнения предъявленных в установленном порядке требований государственных органов и иных организаций, осуществляющих государственный и ведомственный контроль в области охраны окружающей среды.

По результатам ПЭК составляются соответствующие производственные акты, выдаются должностным лицам предписания об устранении нарушений законодательства об охране окружающей среды и информируется руководитель для принятия им мер воздействия.

8.2 Эколого-экономическая оценка функционирования объекта АПК

8.2.1 Расчет убытков за сверхнормативное загрязнение воздуха стационарными и передвижными источниками

Размер сумм определяется для источника или группы источников выбросов по каждому загрязняющему веществу:

$$C_{ij} = 15 \times H_i^M d_{ij} (K_{ij}^n - 1,5) K_3 K_{ij}, \quad (8.1)$$

где C_{ij} – сумма, взыскиваемая с предприятия за превышение установленных нормативов выброса i -го загрязняющего вещества j -го источника или группы источников, руб.;

15 – кратность взимания налога за сверхнормативные выбросы, предусмотренная соответствующими документами;

H_i^M – расчетная сумма месячного экологического налога за выброс i -го ингредиента в пределах лимита в целом по предприятию, руб.

d_{ij} – доля i -го ингредиента j -го источника в ПДВ этого вещества в целом по предприятию;

K_{ij}^n – степень превышения норм ПДВ (ВСВ) i -го вещества j -го источника;

K_3 – коэффициент экологической значимости территории;

K_{ij} – коэффициент, учитывающий изменения в текущем периоде по сравнению с базовым, когда были утверждены ставки налога за загрязнение атмосферного воздуха.

Расчетная сумма месячного экологического налога за выброс i -го ингредиента в пределах лимита в целом по предприятию:

$$H_i^i = \frac{H_i}{12},$$

где H_i – плановая сумма годового экологического налога за выброс i -го ингредиента в пределах лимита в целом по предприятию (по данным предприятия), руб.

Или:

$$H_i^M = \Pi_i M_i^M$$

где Π_i – норматив платы за выброс в пределах лимита одной тонны i -го ингредиента, руб/т;

M_i^M – разрешение на выброс i -го загрязняющего вещества в месяц в целом по предприятию, т

$$M_i^i = M_{ip} / 12,$$

где M_i^M – разрешение на выброс i -го ингредиента за год на предприятии в целом, т.

Для i -го ингредиента j -го источника в ПДВ (d_{ij}) этого вещества в целом по предприятию:

$$d_{ij} = \frac{m_{ij}^H}{m_i^H},$$

где m_{ij}^H – значение ПДВ i -го вещества j -го источника;

m_i^H – значение ПДВ i -го вещества по предприятию в целом.

Для нескольких источников (j -я группа) с нарушением установленных нормативов по одному и тому же ингредиенту:

$$d_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n m_{ij}}{m_i^H},$$

где n – количество выявленных в группе j -х источников.

Степень превышения норм ПДВ (ВСВ) i -го вещества j -го источника:

$$K_{ij}^n = \frac{m_{ij}^{\hat{O}}}{m_{ij}^H},$$

где m_{ij}^{Φ} , m_{ij}^H – соответственно фактическая и нормативная интенсивность выбросов i -го вещества j -го источника

В случае, если выявлены группы источников, допустивших превышение норм ПДВ (ВСВ) по одному и тому же ингредиенту:

$$K_{ij}^n = \frac{\sum_{j=1}^n m_{ij}^{\hat{O}}}{\sum_{j=1}^n m_{ij}^H}.$$

Коэффициент, учитывающий изменение цен в текущем периоде по сравнению с базовым, рекомендуется определять из следующего соотношения:

$$K_{\phi} = \frac{C^{\hat{O}}}{C^{\hat{A}}},$$

где 3^{ϕ} $3^{\hat{O}}$ – утвержденная базовая заработная плата в республике в период проведения контрольных замеров и в период установления ставок налога.

При выявлении незаявленных источников, как и неучтенных ингредиентов в проверяемых источниках загрязнения, весь объем выбросов загрязняющих веществ считается сверхнормативным. В этом случае:

$$C_{ij} = 15 \times \Pi_{ij} M_{ij}^M K_{\phi} K_{\psi}, \quad (8.2)$$

где Π_{ij} – норматив платы за выброс одной тонны i -го загрязняющего вещества j -го источника, руб. ;

M_{ij}^M – расчетная среднемесячная масса выбросов загрязняющего вещества j -го источника, т.

Для передвижных источников (ПИ) расчет сумм платежа (C) определяется из фактической суммы экологического налога, выплаченного предприятием за выброс (ПИ) загрязняющих веществ в воздушный бассейн в предыдущем году:

$$C = H d (K_{\pi} - 1) K_{\psi} K_{\phi}, \quad (8.3)$$

где H – сумма экологического налога, уплаченная предприятием за выброс загрязняющих веществ ПИ предприятия проверяемой группы (групп) в предыдущем году, руб.;

d – доля выявленных источников, не соответствующих стандартам по токсичности и дымности отработавших газов в общем количестве исследованных передвижных источников;

K_{Π} – средневзвешенный коэффициент превышения предельно допустимых нормативов (ПДН) в выявленных источниках;

$K_{ц}$ – коэффициент изменения цен в текущем периоде в сравнении с периодом, когда были приняты ставки экологического налога за загрязнение атмосферного воздуха;

$K_{э}$ – коэффициент экологической значимости территории размещения предприятия.

Количество передвижных источников в выборке исследуемых отдельно по группам (бензиновые, газобаллонные, дизельные) должно составлять не менее:

- 80 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе до 5 единиц;
- 70 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе от 5 до 10;
- 40 % – с числом ПК в рассматриваемой группе от 11 до 25;
- 25 % – с числом (ПИ) в рассматриваемой группе от 26 до, 50;
- 18 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе от 51 до 100;
- 10 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе от 101 до 300;
- 7 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе от 301 до 500;
- 5 % – с числом ПИ в рассматриваемой группе свыше 500 единиц.

Для определения количества ПИ предприятиям, осуществляющим изготовление, ремонт и техобслуживание передвижных источников берется суточный объем их выпуска.

Коэффициент K_{Π} определяется по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_{ijk} \hat{O}_{ijk}}{\sum_{ijk} O_{ijk}^i N},$$

где Y_{ijk}^{Φ} и Y_{ijk}^H – соответственно фактический и нормативный уровни токсичности (дымности) i -го загрязняющего вещества в выявленных ПИ j -й группы на k -м режиме работы двигателя;

N – число случаев превышения ПДН.

В случае повторного выявления источников с превышением ПДН вводится повышающий коэффициент.

8.2.2 Расчет убытков от загрязнения водных объектов

Масса сброшенных загрязняющих веществ при залповом (в 100 и более раз превышающем установленный) или установившемся сбросе, при $K_{i\Phi} > K_{ид}$ определяется по формуле:

$$P_i = V_i (K_{i\Phi} - K_{ид}) 10^{-6}, \quad (8.4)$$

где P_i – масса сброшенного i -го вида загрязняющего вещества, учитываемая при подсчете убытков, т;

i – вид загрязняющего вещества;

V_i – объем сточных вод с превышенным содержанием i -го загрязняющего вещества, m^3 ;

$K_{i\Phi}$ – средняя концентрация i -го загрязняющего вещества за период сброса, мг/л ($г/м^3$);

$K_{ид}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л ($г/м^3$).

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов органическими веществами (по БПК). При наличии данных о массе сброшенных загрязняющих веществ, выраженных в БПК₅, производится перерасчет этих данных в БПК_п по формуле:

$$БПК_{п} = БПК_{5} \times 1,33,$$

где БПК_п – полное биохимическое потребление кислорода;

БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за пять дней.

Величина убытков от загрязнения водных объектов органическими веществами (выраженными в БПК) определяется по формулам:

$$Y^3_{\text{БПК}} = Z^3_{\text{БПК}} K_{\text{КАТ}};$$

$$Y^y_{\text{БПК}} = Z^y_{\text{БПК}} K_{\text{КАТ}};$$

где $Y^3_{\text{БПК}}$ и $Y^y_{\text{БПК}}$ – величины убытков от загрязнения водных объектов при залповом или установившемся сбросе органических веществ, выраженных в БПК, с учетом категории водного объекта, руб.;

$Z^3_{\text{БПК}}$ и $Z^y_{\text{БПК}}$ – величины убытков от загрязнения водных объектов при залповом или установившемся сбросе органических веществ, выраженных в БПК, руб.;

$K_{\text{КАТ}}$ – коэффициент, учитывающий категорию водного объекта, в который сбрасываются загрязняющие вещества.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов взвешенными веществами. Величина убытков определяется по формулам:

$$Y^3_{\text{ВЗВ}} = Z^3_{\text{ВЗВ}} K_{\text{КАТ}};$$

$$Y^y_{\text{ВЗВ}} = Z^y_{\text{ВЗВ}} K_{\text{КАТ}};$$

где $Y^3_{\text{ВЗВ}}$ и $Y^y_{\text{ВЗВ}}$ – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе взвешенных веществ с учетом категории водного объекта, руб.;

$Z^3_{\text{ВЗВ}}$ и $Z^y_{\text{ВЗВ}}$ – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом или установившемся сбросе веществ, руб.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов нефтепродуктами.
Величина убытков:

$$Y^3_{\text{Н}} = Z^3_{\text{Н}} K_{\text{КАТ}};$$

$$Y^y_{\text{Н}} = Z^y_{\text{Н}} K_{\text{КАТ}}.$$

где Y^3_n и Y^y_n – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе нефтепродуктов с учетом категории водного объекта, руб.;

Z^3_n и Z^y_n – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе нефтепродуктов, руб.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов детергентами. Величина убытков определяется по формулам:

$$Y^3_d = Z^3_d K_{\text{кат.}}$$

$$Y^y_d = Z^y_d K_{\text{кат.}}$$

где Y^3_d и Y^y_d – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе детергентов с учетом категории водного объекта, руб.;

Z^3_d и Z^y_d – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе детергентов, руб.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов пестицидами. Величина убытков:

$$Y^3_p = Z^3_p K_{\text{кат.}}$$

$$Y^y_p = Z^y_p K_{\text{кат.}}$$

где Y^3_p и Y^y_p – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе пестицидов с учетом категории водного объекта, руб.;

Z^3_p и Z^y_p – величины убытков от загрязнения водных объектов соответственно при залповом и установившемся сбросе пестицидов, руб.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов соединениями тяжелых металлов. Величина убытков (Y_i) определяется из выражений:

$$Y_i = Z_i K_{\text{кат.}}$$

$$Z_i = \gamma P_i,$$

где Z_i – величина убытков от загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов, руб.

γ – множитель, учитывающий уровень цен и услуг, руб./усл. т;

P_i – масса сброшенного i -го вида загрязняющего металла в данный водный объект, усл. т.

Приведенная масса сбрасываемых загрязняющих веществ ($P_i^н$) определяется по формуле:

$$P_i^н = A_i P_i,$$

где A_i – показатель относительной опасности (агрессивности) сброса i -го вида загрязняющего вещества.

Масса сброшенного i -го загрязняющего металла:

$$P_i = V_i (K_{i \text{ факт.}} - K_{i \text{ доп.}}) 10^{-6},$$

где V_i – объем сточных вод с превышенным содержанием определяемого иона металла, м³;

$K_{i \text{ факт.}}$ и $K_{i \text{ доп.}}$ – соответственно средняя и допустимая концентрация i -го иона металла, мг/л.

Показатель относительной опасности сброса загрязняющего вещества определяется из следующей зависимости:

$$A_i = \frac{1}{\hat{I} \hat{A} \hat{E}_i}.$$

Подсчет убытков при одновременном загрязнении водных объектов несколькими видами загрязняющих веществ определяется путем суммирования величины убытков по каждому сброшенному загрязняющему веществу, умноженной на коэффициент 0,15.

Такие примеры встречаются при мойке сельскохозяйственной техники, когда в сточных водах содержатся взвешенные вещества, нефтепродукты, пестициды, органические вещества, тяжелые металлы.

Расчет ущерба от попадания в водоемы указанных ингредиентов производится по методике изложенной выше.

Подсчет убытков от загрязнения водных объектов мусором приравнивается к загрязнению водных объектов загрязняющими веществами. Величина убытков определяется:

$$Y_M = Z_M K_{\text{кат.}}$$

где Z_M – величина убытков от загрязнения русл и прибрежных полос водных объектов мусором, руб.

$$Z_M = A_B C V_M$$

где A_B – коэффициент, учитывающий степень вредности сброшенного мусора и отходов;

C – стоимость уборки мусора, руб./м³;

V_M – объем мусора, м³.

8.2.3 Расчет затрат от размещения отходов производства и потребления

Расчет платы за размещение отхода в санкционированном месте при $M_{\text{факт.}} < M_{\text{лим.}}$:

$$P_{\text{лим.}} = N M_{\text{факт.}}$$

где $P_{\text{лим.}}$ – размер платы за удаление отхода в пределах лимита, руб.;

N – норматив платы, руб. за тонну (кг);

$M_{\text{факт.}}$ – фактическое количество отхода, размещаемого в расчетный период, т (кг);

$M_{\text{лим.}}$ – лимит на размещение отхода, т (кг).

Лимит на размещение отходов ($M_{\text{лим.}}$) по каждому природопользователю устанавливается облисполкомами по согласованию с Минприродой.

За превышение лимита размещения отхода в санкционированном месте $M_{\text{факт}} > M_{\text{лим}}$ расчет производится по формуле:

$$P_{\text{пл}} = K H (M_{\text{факт}} - M_{\text{лим}}),$$

где $P_{\text{пл}}$ – размер платы за сверхлимитное размещение отхода, руб.;

K – коэффициент кратности в соответствии с законодательством.

Общая сумма платы за санкционированное размещение отходов в пределах лимита и сверх лимита определяется суммированием платежей:

$$P = P_{\text{лим}} + P_{\text{пл}}$$

Ущерб от несанкционированного размещения отходов (Y) складывается из ущерба, наносимого отходами растительности, почве, водным объектам и воздушному бассейну, а также платы за несанкционированное размещение отходов.

Ущерб наносимый растительности, почве и водным ресурсам (Y_1) определяется с учетом экологической значимости территории, класса токсичности отходов, стоимости и площади земли занятой отходами. Для воздушного бассейна ущерб (Y_2) определяется с учетом объемов выбросов и повышающего коэффициента к экологическому налогу.

Плата за несанкционированное размещение отходов (P) рассчитывается, исходя из фактической массы отходов с учетом норматива платы в зависимости от класса токсичности отходов и повышающего коэффициента:

$$Y = Y_1 + Y_2 + P.$$

Ущерб Y_1 определяется:

$$Y_1 = (\text{Ц} + \text{З}) S_3 K_1 K_2,$$

где Ц – нормативная стоимость одного гектара земли в соответствии с кадастровой классификацией, руб.;

З – затраты на рекультивацию одного гектара земли, занятой отходами, руб.;

S_3 – площадь земли занятой отходами, га;

K_1 – коэффициент, учитывающий степень опасности отходов;

K_2 – коэффициент экологической значимости территории.

Затраты на рекультивацию земли включают затраты, связанные с уборкой территории и с разработкой и перемещением грунта, затраты на посев трав или саженцев в зависимости от места несанкционированного размещения отходов.

Ущерб, наносимый отходами воздушному бассейну ($У_2$) определяется в случае наличия в отходах летучих ингредиентов, а также возгорания отходов:

$$O_2 = 15 \sum_{i=1}^n M_i \dot{Y}_i ,$$

где 15 – повышающий коэффициент к экологическому налогу;

M_i – объем выбросов в атмосферу i -го загрязняющего вещества, т;

\dot{Y}_i – ставка налога за выбросы i -го загрязняющего, вещества в атмосферу в зависимости от класса их опасности, руб. за 1 т;

i – количество ингредиентов, выбрасываемых в атмосферу.

Плата за несанкционированное размещение отходов (Π):

$$\Pi = \sum_{j=1}^n K_3 N_j M_j ,$$

где K_3 – повышающий коэффициент (для вторичного сырья $K_3 = 10$, для остальных отходов, размещенных в несанкционированном месте, $K_3 = 5$);

N_j – норматив платы за размещение отходов j -го класса опасности на полигоне или свалке, руб./т. Для отходов, являющихся вторичным сырьем, принимается норматив платы за размещение токсичных отходов j -го класса опасности;

M_j – масса отходов j -го класса опасности, т.

Таким образом, приведенные выше зависимости позволяют произвести расчет материальных затрат от размещения отходов производства и потребления в процессе хозяйственной деятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА (основная)

- 1 Мазур, И.И. Курс инженерной экологии: учеб. для вузов / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов; под ред. И.И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
- 2 Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с.
- 3 Луканин, В.Н. Экологически чистая автомобильная энергоустановка: понятие и количественная оценка / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Автомобильный и городской транспорт. – 1994. – Т. 18.
- 4 Степановских, А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды: учеб. для вузов / А.С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751с.
- 5 Экологическая безопасность на объектах АПК / К.Ф. Саевич [и др.]. – Мн. : Ураджай, 1998. – 199 с.
- 6 Небел, Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир / Б. Небел. – М. : Мир, 1993. – Т. 1. – 424с.
- 7 Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
- 8 Экологические приоритеты устойчивого развития Республики Беларусь: материалы межд. конф. «Экологическая безопасность и актуальные проблемы рационального природопользования. Законодательное и информационное обеспечение». – Гомель, 2003. – 124 с.
- 9 Система управления охраной окружающей среды на предприятиях технического сервиса: метод. указ. /Л.В. Мисун. – Мн. : 2002. – 29 с.
- 10 Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие / Под ред. В.И. Черноиванова. – М. : ГОСНИТИ, 2003. – 992 с.
- 11 Марцуль, В.Н. Охрана окружающей среды в деревообрабатывающей промышленности: учеб. пособие / В.Н. Марцуль, Н.С. Кузьмич, С.П. Трофимов. – Мн. : БГТУ, 1999. – 83 с.

- 12 Панин, В.Ф. Экология для инженера: учеб.-справ. пособие / В.Ф. Панин, А.И. Сечин, В.Д. Федосова; под ред. В.Ф. Панина. – М. : Издательский дом «Ноосфера», 2001. – 284 с.
- 13 Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды / Р.К. Кожевникова, Т.С. Прокопович. – Вып. 45. – Мн., 2003. – 75 с.
- 14 Гарин, В.М. Экология для технических вузов: учебник / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников; под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 384 с.
- 15 Радиометрия и дозиметрия: конспект лекций / В.В. Ковалевич [и др.]. – Мн., 1999. – 126 с.
- 16 Мелиорированные почвы Беларуси. Национальная стратегия их использования и охраны: доклады межд. конф. «Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации». – Мн., 2001. – 219 с.
- 17 Экологические проблемы и пути их решения при гидромелиоративном освоении болот: доклады межд. конф. «Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации». – Мн., 2001. – 219 с.
- 18 Расчет выбросов загрязняющих веществ и методы для их определения при эксплуатации передвижных источников: метод. указания / Л.В. Мисун [и др.]. – Мн., 2003. – 12 с.
- 19 Рекомендации (комплект из 18 наименований) по безопасности труда при выполнении различных сельскохозяйственных работ, монтаже и эксплуатации оборудования животноводческих и птицеводческих ферм и техническом сервисе. – М. : Информагротех, 1999.
- 20 Организация экологической безопасности на объектах агропромышленного комплекса: метод. пособие / Л.В. Мисун [и др.]. – Мн. : 1999. – 68 с.
- 21 Рихтер, Л.А. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС / Л.А. Рихтер, Э.П. Волков, В.Н. Покровский. – М. : Энергоиздат, 1981. – 296 с.
- 22 Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды / С.В. Завьялов, Р.К. Кожевникова. – Вып. 9. – Мн., 1995. – 163 с.

- 23 РД РБ 0212. 29-2002. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников автотранспортных предприятий. – Мн., 2002. – 137.
- 24 РД РБ 0212. 5-2002. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании лакокрасочных материалов. – Мн., 2002. – 55 с.
- 25 Расчет выбросов загрязняющих веществ и организация контроля за атмосфероохранной деятельностью ремонтно-обслуживающих предприятий: пособие / Л.В. Мисун, В.М. Грищук, И.Н. Мисун. – Мн. : Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2004. – 63 с.
- 26 Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для предприятий агропромышленного комплекса: метод. указания / К.Ф. Саевич [и др.]. – Мн., 1996. – 73 с.
- 27 Охрана окружающей среды: учебник / Под ред. С.В. Белова. – М. : Высш. шк., 1991. – 319 с.
- 28 Безопасность жизнедеятельности / Под. общ. ред. С.В. Белова. – М. : Высшая школа, 1999. – 448 с.

ЛИТЕРАТУРА (дополнительная)

- 1 Акимова, Т.А. Экология. Природа – человек – техника / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
- 2 Белов, П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Г. Белов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 512 с.
- 3 Вронский, В.А. Прикладная экология / В.А. Вронский. – Ростов н/Д. – Феникс, 1996. – 512 с.
- 4 Глухов, В.В. Экономические основы экологии / Глухов, В.В. [и др.]. – СПб. : Специальная литература, 1995. – 280 с.
- 5 Гридэл, Т. Е. Промышленная экология: учеб. пособие для вузов / Т. Е. Гридэл, Б.Р. Алленби; пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
- 6 Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М. : Гидрометеиздат, 1984. – 375 с.
- 7 Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М. : Колос. 1996. – 367 с.
- 8 Комар, И.В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы / И.В. Комар. – М. : Наука, 1975. – 512 с.
- 9 Кузнецов, И.Е. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами / И.Е. Кузнецов, Т.М. Троицкая. – М. : Химия, 1979. – 344 с.
- 10 Куценко, А.М. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / А.М. Куценко, В.Н. Писаренко. – Киев : Урожай, 1991. – 200 с.
- 11 Лапин, В.Л. Основы экологических знаний инженера / В.Л. Лапин, А.Г. Мартинсен, В.М. Попов. – М. : Экология, 1996. – 143 с.
- 12 Лаптев, И.П. Теоретические основы охраны природы / И.П. Лаптев. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1975. – 278 с.
- 13 Лукашев, В.К. Научные основы охраны окружающей среды / В.К. Лукашев, К.И. Лукашев. – Мн. : Выш. школа, 1980. – 256 с.

- 14 Меньшиков, В.В. Методы оценки загрязнения окружающей среды: учебное пособие / В.В. Меньшиков, Т.В. Савельева. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2000. – 60 с.
- 15 Минеев, В.Г. Химизация земледелия и природная среда / В.Г. Минеев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 287 с.
- 16 Подольский, В.П. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / В.П. Подольский [и др.]. – Воронеж: Изд-во ВГУ. 1999.
- 17 Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М. : «Россия молодая», 1994. – 367 с.
- 18 Стадницкий, Г.В. Экология / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – СПб. : Химия, 1997. – 240 с.
- 19 СТБ ИСО 14004-99. Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования. – Мн. : Госстандарт, 1999. – 28 с.
- 20 Уатт, К. Экология и управление ресурсами / К. Уатт. – М.: Мир. 1971. – 463 с.
- 21 Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
- 22 Шишкин, А.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши / А.И. Шишкин, Н.И. Дружинин. – Л. : Гидрометеоздат, 1989. – 390 с.
- 23 Экологическая безопасность транспортных потоков / Под ред. А.Б. Дьякова. – М. : Транспорт, 1989. – 123 с.
- 24 Кабушко, А.М. Экономические основы экологической безопасности: монография / А.М. Кабушко. – Мн. : Изд. «Красико-Принт», 2001. – 227 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1 Предмет «Инженерная экология в АПК».....	5
1.1 Краткие исторические сведения.....	5
1.2 Основные понятия, термины, определения.....	9
2 Экологическая политика, информация, просвещение и образование.....	27
2.1 Экологическая политика.....	27
2.2 Законодательная и нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.....	33
2.3 Экологическое просвещение, образование и воспитание.....	38
3 Экологические проблемы сельскохозяйственного производства.....	41
3.1 Воздействие на окружающую среду от эксплуатации машинно-тракторного парка.....	41
3.2 Экологические проблемы стационарных объектов АПК.....	50
3.2.1 Источники выбросов перерабатывающих и ремонтно-обслуживающих предприятий АПК.....	51
3.2.2 Воздействие деревообрабатывающего производства на окружающую среду.....	53
3.2.3 Экологическая обстановка на животноводческих предприятиях и пути ее улучшения.....	54
3.3 Экологические проблемы химизации сельскохозяйственного производства.....	56
3.4 Экологические последствия загрязнения природных вод объектами АПК.....	59
3.5 Отходы производства и потребления.....	67
3.5.1 Термины и определения.....	67
3.5.2 Классификация отходов.....	68
3.5.3 Загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления.....	71
3.6 Радиационно-экологическая обстановка.....	74
3.6.1 Динамика накопления радиоактивных веществ в объектах природной среды после аварии на ЧАЭС.....	74
3.6.2 Радиоактивное загрязнение сельхозугодий, лесных и водных ресурсов.....	76
3.6.3 Основные радиометрические и дозиметрические величины и единицы их измерения.....	81
3.7 Экологические проблемы мелиорированных земель.....	87
4 Обеспечение экологической безопасности МТП при эксплуатации.....	92
4.1 Основные причины ухудшения и динамика показателей экологической безопасности МТП при эксплуатации.....	92
4.2 Влияние эксплуатационных факторов на экологическую безопасность МТП.....	98

4.3	Оценка воздействия на окружающую среду и управление экологической безопасностью МТП.....	103
4.3.1	Методы расчета выбросов загрязняющих веществ от МТП...	103
4.3.2	Измерение концентрации загрязняющих веществ в отработавших газах ДВС.....	106
4.3.3	Оценка экологической безопасности МТП.....	108
4.3.4	Управление экологической безопасностью МТП.....	113
5	Защита атмосферы от загрязнения стационарными объектами АПК.....	122
5.1	Оценка качества окружающей среды.....	122
5.2	Нормирование загрязняющих веществ (ЗВ) в окружающей среде	124
5.2.1	Общие требования.....	124
5.2.2	Нормирование атмосферных загрязнений.....	125
5.2.3	Нормирование загрязняющих веществ в водной среде.....	132
5.2.4	Нормирование загрязняющих веществ в почве.....	138
5.3	Категории опасности предприятий в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых ЗВ.....	141
5.4	Расчет ЗВ в выбросах от производственных участков ремонтно-обслуживающих предприятий.....	144
5.4.1	Техническое обслуживание аккумуляторов.....	144
5.4.2	Слесарно-механический участок.....	148
5.4.3	Кузнечно-термический участок.....	153
5.4.4	Медницко-жестяницкий участок.....	157
5.4.5	Участок малярных работ.....	159
5.4.6	Сварочно-наплавочный участок.....	170
5.4.7	Участок ремонта и испытания двигателей.....	175
5.4.8	Разборочно-моечный участок.....	177
5.4.9	Шиноремонтный участок.....	182
5.4.10	Участок ремонта топливной аппаратуры.....	184
5.5	Очистка выбросов от технологического оборудования РОП.....	184
5.5.1	Мероприятия по совершенствованию технологических процессов.....	186
5.5.2	Мероприятия по газоочистке.....	187
5.5.3	Рекомендации по очистке выбросов от оборудования и технологических процессов.....	190
5.5.4	Мероприятия по обеспечению санитарно-гигиенических требований.....	193
5.6	Очистка сточных вод.....	204
5.7	Расчет выбросов от перерабатывающих и животноводческих предприятий.....	208
5.7.1	Цеха технических фабрикантов.....	209
5.7.2	Содержание сельскохозяйственных животных и птиц.....	209
5.7.3	Мясоперерабатывающие цеха.....	214
5.8	Расчет количества ЗВ в выбросах деревообрабатывающего производства.....	220
5.8.1	Выброс пыли в атмосферу.....	220

5.8.2	Выброс летучих веществ в атмосферу при оклеивании изделий.	222
5.8.3	Выброс летучих веществ в атмосферу при отделке изделий...	223
5.8.4	Мероприятия по снижению воздействия на ОС деревообра- батывающих предприятий.....	224
5.9	Обеспечение экологической безопасности животноводческих ком- плексов.....	227
5.10	Накопление и утилизация отходов производства и потребления...	235
5.10.1	Твердые отходы.....	235
5.10.2	Осадки сточных вод.....	239
6	Особенности ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения.....	245
6.1	Основные приемы снижения корневого поступления РВ в продук- цию растениеводства.....	245
6.2	Ведение животноводства.....	251
6.3	Организация питания в условиях жизнедеятельности на загрязнен- ных РВ территориях.....	255
6.3.1	Содержание радионуклидов в продуктах питания.....	255
6.3.2	Способы снижения концентрации радионуклидов в загряз- ненных продуктах питания.....	258
6.3.3	Пищевые добавки и продукты питания, снижающие действие радиации.....	263
7	Защита окружающей среды от энергетических загрязнений.....	270
7.1	Электромагнитное загрязнение биосферы.....	270
7.2	Защита окружающей среды от тепловых загрязнений.....	273
7.3	Защита окружающей среды от виброакустических загрязнений.....	274
8	Оценка воздействия объекта агропромышленного комплекса на окру- жающую среду.....	279
8.1	Экологическая паспортизация и экспертиза объекта АПК.....	279
8.2	Эколого-экономическая оценка функционирования объекта АПК.....	283
8.2.1	Расчет убытков за сверхнормативное загрязнение воздуха ста- ционарными и передвижными источниками.....	283
8.2.2	Расчет убытков от загрязнения водных объектов.....	287
8.2.3	Расчет затрат от размещения отходов производства и потребления	291
	Литература (основная).....	294
	Литература (дополнительная).....	297