



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины»

А. В. Голопятин, В. В. Миренков

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности 1-36 12 01

**«Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»**

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2013

УДК 631.95(075.8)
ББК 40.1я73
Г61

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 05.03.2013 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлургия и литейное производство» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Ю. Л. Бобарикин*

Голопятин, А. В.
Г61 Отраслевая экология : курс лекций для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения / А. В. Голопятин, В. В. Миренков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 50 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит основные положения курса «Отраслевая экология» с изложением необходимых теоретических, методических и справочных сведений по курсу.

Для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 631.95(075.8)
ББК 40.1я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ИСТОЧНИКИ, ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	4
Тема 2. ПУТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	9
Тема 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ.....	17
Тема 4. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ, НОРМИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ АТМОСФЕРЫ. СТАНДАРТЫ ПО ВЫБРОСАМ В АТМОСФЕРУ. СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СТАНДАРТОВ.....	22
Тема 5. ПУТИ И МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ВЫБРОСАМ В АТМОСФЕРУ. СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СТАНДАРТОВ.....	26
Тема 6. ПОЧВА КАК ПРИРОДНЫЙ РЕСУРС, ЭРОЗИЯ ПОЧВ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	34
Тема 7. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ПОЧВУ.....	40
Тема 8. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	45

Тема 1 ВВЕДЕНИЕ. ИСТОЧНИКИ, ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В эпоху научно-технического прогресса антропогенные воздействия на окружающую среду становятся все более интенсивными и масштабными. Серьезную опасность представляет усиливающееся загрязнение природных сред – атмосферы, гидросферы и биосферы. В связи с этим наибольшую важность представляют проблемы контроля качества и регулирования состояния окружающей среды. В истории человечества всегда было не мало вопросов и задач, от успешного решения которых зависело благополучие и дальнейшее развитие общества. Однако никогда ранее не возникало проблем, представляющих собой некую пороговую величину, за которой общественный прогресс был бы крайне затруднителен, если вообще не невозможен.

Сегодня стало очевидным, что человечество подошло отягощенное проблемами, накопленными за предыдущие столетия. В переплетении социально-экономических, политических противоречий наших дней особое внимание занимают противоречия глобального масштаба, затрагивающие самые основы существования цивилизации. Здесь весьма остры такие проблем, как загрязнение окружающей среды, воздушного бассейна и океанов, истощение природных ресурсов. Экологическая проблема (как совокупность вопросов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов), будучи проблемой глобальной, затрагивает интересы всего пятимиллиардного населения нашей планеты, интересы всех без исключения современных государств и наконец, интересы каждого человека, живущего на земле.

Обеспечение экологических приоритетов становится все более важным элементом социального прогресса. Сложность, многоплановость и противоречивость экологической проблемы затрудняют разработку общечеловеческой стратегии экологического поведения, тормозит процесс выработки наиболее приемливого пути развития общества в эпоху научно-технической революции. Можно выделить три основные составляющие экологической проблемы: биологическую, техническую, социально-экономическую. Несмотря на серьезную значимость биологической и технической составляющих все более возрастает масштабность и противоречивость третьей – социально-экономической – поскольку сложность этого вопроса определяется объективной неоднозначностью самого процесса взаимодействия общества и природы. Здесь переплетаются законы развития природы и

общества, «сталкиваются» биологические интересы природы и социальные требования общества.

Сегодня человечество должно ответить на вопрос – способно ли общество предотвратить глобальный экологический кризис или оно обречено на гибель от истощения природных ресурсов и сверхзагрязнения окружающей природной среды. Посмотрим на общую картину экономического развития современного мира. Мировое хозяйство ежегодно способно «выпустить» свыше 800 млн.т. горных металлов более 60 млн.т. неизвестных природе синтетических материалов, около 500 млн.т. минеральных удобрений, до 8 млн.т. ядохимикатов, свыше 300 млн.т. органических химических соединений 150 наименований и т.д. За счет работы производственных мощностей в атмосферу выбрасывается более 300 млн. т. оксида углерода, 50 млн. т. различных углеводородов, 120 млн. т. золы, 150 млн. т. диоксида серы, а в воды Мирового Океана попадает 6 – 10 млн. т. сырой нефти, твердый сток достигает 17 млн.т. Кроме того, для ирригации промышленного производства, бытового снабжения человечество использует уже более 13 % речного стока и сбрасывает в водоемы до 500 млрд. куб.м. промышленных и коммунальных стоков в год, а их нейтрализация (в зависимости от степени очистки) требует 5 – 12 кратного разбавления природной чистой водой. В конце 70-х годов был выдвинут тезис о том, что нет такой отрасли науки, которая могла бы совершенно игнорировать задачи охраны природы и рационального природопользования. Сегодня это положение получило полное подтверждение на практике.

Вопросами охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов активно занимаются такие науки как химия, физика, биология и другие науки.

Сегодня мы можем сказать, что полностью подтвердилось предположение, высказанное выдающимся ученым В. И. Вернадским, который считал, что в дальнейшем наши знания будут развиваться не по наукам, а по проблемам. Методологической основой социальной экологии служит диалектико-материалистический метод исследования всех процессов и явлений, происходящих в природе и обществе, и ее своеобразным стержнем стала экономика природопользования.

Природа загрязнения среды обитания человека насчитывает несколько столетий. Под загрязнением в экологии понимают неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом деятельности человека, прямо или косвенно меняет распределение приходящей энергии, уровни радиации,

физико-химические свойства среды и условия существования живых организмов. На первом месте среди источников загрязнения среды стоят ископаемые углеводороды (уголь, нефть, газ) поскольку при их сгорании образуется большое количество отходов.

Основными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу при сжигании различных видов топлива в энергоустановках, являются диоксид углерода (CO_2) и водяной пар H_2O . Однако в атмосферу выбрасываются и другие вредные вещества: продукты неполного сгорания топлива – оксид углерода, сажи, углеводорода, в том числе канцерогенный бензопирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, неогоревшие частицы твердого топлива, зола и прочие механические примеси: оксида серы SO_2 и SO_3 , азота и свинца РвО.

При сжигании твердого топлива образуется большое количество золы и диоксида серы. Так, например, подмосковные угли имеют в своем составе 2,5–6 % серы и до 30–50 % золы. Дымовые газы, образующиеся при сжигании мазута, содержат оксиды азота, соединения ванадия и натрия, газообразные и твердые продукты неполного сгорания. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не уменьшает выбросы SO_2 , так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат серу в количестве до 3–4,5 % и более. При сжигании природного газа (неочищенного) в дымовых газах образуются диоксид серы и оксиды азота. Следует отметить, что наибольшее количество оксидов азота образуется при сжигании жидкого топлива. Современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 т. SO_2 и SO_3 при содержании серы в топливе 1,7 %; 200 т оксидов азота, 120–240 т твердых частиц (зола, пыль, сажа) при эффективности системы пылеулавливания 94–98 %.

Исследования показывают, что вблизи мощной теплоэлектростанции, выбрасывающей в сутки 280 – 360 т SO_2 максимальная концентрация ее с подветренной стороны составляет 0,3–4,9 мг/куб.м на расстоянии 200 – 500 м; 0,7 – 5,5 мг/куб. м на расстоянии 500–1000 м; 0,22 – 2,8 мг/куб.м на расстоянии 1000 – 2000 м.

Автотранспорту как источнику загрязнения атмосферы присущ ряд отличительных особенностей; во-первых, численность автомашин в крупных городах быстро увеличивается, а вместе с тем растет валовой выброс вредных продуктов в атмосферу; во-вторых, автомобиль относится в отличие от промышленных предприятий к движущимся источникам загрязнения, широко встречающимся в жилых районах и местах отдыха; в-третьих, выбросы ДВС представляют со-

бой недостаточно изученную смесь сложных компонентов . Токсическими выбросами ДВС являются отработавшие газы, газы и пары топлива из карбюраторов и топливного бака. Основная доля токсических примесей поступает в атмосферу с отработавшими газами ДВС. С картерными газами и парами топлива в атмосферу поступает около 45% углеводородов от их общего выброса.

Исследования состава отработавших газов ДВС показывают, что в них содержится несколько десятков компонентов. Диоксид серы образуется в отработавших газах в том случае, когда сера содержится в исходном топливе. Анализ данных показывает, что наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС за счет большого выброса СО, углеводородов, оксидов азота и др. веществ. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксичное вещество. Однако частица сажи, обладая высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности молекулы и частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсичных веществ на человека.

Широкое применение этилированного бензина вызвало загрязнение воздуха городов весьма токсичными соединениями свинца , обладающего способностью к накоплению в организме. Около 70% свинца, добавленного к бензину с этиловой жидкостью, попадает в виде соединений в атмосферу с отработавшими газами, из них 30% оседает на земле сразу за срезом выпускной трубы автомобиля, 40% остается в атмосфере. Выделение бензоперена с отработавшими газами зависит от режима работы ДВС. Наибольшее количество этого вещества у ДВС, работающих на бензине, выделяется на холостом ходу, при работе на переобогащенных смесях и при работе на режиме больших нагрузок. Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от общего технического состояния автомобилей и особенно от источника наибольшего загрязнения – двигателя. Так, при нарушении регулировки карбюратора выбросы СО увеличиваются в 4 – 5 раз. У двигателя работающего на бензине, на неустановившихся режимах(разгон, торможение) нарушаются процессы смесеобразования и горения, что способствует повышенному выделению токсичных продуктов. Переобогащение горючей смеси до коэффициента избытка воздуха $\lambda = 0,6 - 0,95$ на режиме разгона ведет к увеличению выброса несгоревшего топлива и продуктов его неполного сгорания. Сильно переобогащается смесь в

режиме принудительного холостого хода. В дизельных двигателях с уменьшением нагрузки состав горючей смеси обедняется, поэтому содержание токсичных компонентов в отработавших газах при малой нагрузке уменьшается. Содержание CO и углеводородов возрастает при работе на режиме максимальной нагрузки.

Доля загрязнения атмосферы отработавшими газами ДВС в общем балансе примесей составляет 15–50% и более. В отдельных районах США, особенно в крупных городах, автомобильные ДВС играют решающую роль в загрязнении атмосферы. В Нью-Йорке двигатели транспортных средств выделяют 49,5 % углеводородов, 17,4 % оксидов азота, и 5,2% SO₂. В крупнейших городах США средняя концентрация CO в атмосфере составляет 30 – 90 мг/куб.м, при этом 60% этой концентрации приходится на двигатели автомобилей.

Определенную долю примесей в атмосферу вносят выбросы транспортных средств с ракетными двигательными установками различных типов. Загрязнение воздушной среды происходит главным образом при работе двигательных установок перед стартом, при взлете и посадке, при наземных испытаниях двигательных установок в процессе их производства или после ремонта; при хранении и транспортировке топлива, а также заправке топливом летательных аппаратов. Работа жидкостного ракетного двигателя сопровождается загрязнениями окружающей среды продуктами полного и неполного сгорания топлива. В общем случае они состоят из CO, NO_x, OH и др. Состав продуктов сгорания при работе жидкостного ракетного двигателя определяется коэффициентом соотношения компонентов топлива, температурой сгорания. Выброс вредных веществ с продуктами сгорания минерального топлива в воздушный бассейн США оценивается в 150 млн. тонн в год. Содержание в атмосфере пыли, SO₂ и NO_x определяется главным образом уровнем их выброса из топок ТЭС и котельных, а содержание CO на 75 – 90% зависит от интенсивности двигателя автотранспорта.

Тема 2 ПУТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра на современном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Главную опасность представляет собой загрязнение атмосферы. На величину концентраций вредных примесей в атмосфере влияют метеорологические условия, определяющие перенос и рассеивание примесей в воздухе, смена направления и скорости ветра и др. факторы.

Вредные выбросы промышленных предприятий и других источников загрязнения оказывают отрицательное воздействие не только на окружающую среду, но и в ряде случаев значительно влияют на процесс эксплуатации технических средств.

Так, например, обслуживаемые электростанции, расположенные вне помещений, и воздушные линии электропередачи в значительной мере подвержены воздействию выбросов продуктов сгорания органического топлива.

При рассмотрении комплекса вопросов, связанных с защитой окружающей среды, часто забывают о неблагоприятном влиянии шума, инфразвука и вибрации на жизнедеятельность человека. В городах промышленные и транспортные шумы, бытовые приборы и т.д. создают сильную атаку на организм человека.

«Шумовые загрязнения» окружающей среды являются серьезной проблемой. Уровни городских шумов возрастают в среднем за каждые 5–10 лет на 5–10 дБ. Большую опасность представляют ультразвук и инфразвук. Даже при относительно низких уровнях энергии инфразвука он может привести к довольно серьезным заболеваниям. Многие нервные болезни городских жителей вызываются именно инфразвуками, проникающими сквозь самые толстые стены.

В отдельных случаях возможно «загрязнение» окружающей среды тепловыми выбросами, электромагнитными полями, ультрафиолетовыми, инфракрасными, световыми и ионизирующими излучениями.

Экологические исследования, проведенные в последнее десятилетие во многих странах мира, показали, что всё возрастающее раз-

рушительное воздействие антропогенных факторов на окружающую среду привело её на грань кризиса.

Среди различных составляющих экологического кризиса (истощение сырьевых ресурсов, нехватка чистой пресной воды, возможные климатические катастрофы) наиболее угрожающий характер приняла проблема загрязнения незаменимых природных ресурсов – воздуха, воды и почвы, отходами промышленности и транспорта.

В связи с этим в современном обществе резко возрастает роль и задачи инженерной (технической) экологии, призванной на основе оценки степени вреда, приносимого природе индустриализацией производства, разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развивать основы создания замкнутых и безотходных технологически циклов и производств.

Проблема охраны окружающей среды имеет глобальный характер и поэтому должна решаться не только применительно к конкретному предприятию или производственному циклу, но и в масштабах отдельных городов и промышленных центров, регионов, всей территории страны, других стран, отдельных континентов и всего земного шара.

Проблема охраны окружающей среды – комплексная проблема. Комплексный характер проблемы охраны окружающей среды определяется сложностью системы, состоящей из природы, общества и производства. Оптимальное развитие этой системы невозможно без комплексного учета социальных, экологических, технических, правовых и международных аспектов программы.

Продолжающиеся загрязнения природной среды газообразными, жидкими и твердыми отходами производства, вызывающие деградацию среды обитания и наносящие ущерб здоровью населения, в последнее время остается острой экологической проблемой, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение.

Преобладающее воздействие на загрязнение природной среды оказывают предприятия металлургического комплекса, электроэнергетики, топливной и химической промышленности. Практически для всех отраслей характерна низкая обеспеченность очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы.

Всё более определяющую роль в состоянии воздушного бассейна крупных городов играет дорожно-транспортный комплекс, в котором выброс от передвижных и стационарных источников составляет более 60% от общего объема всех выбросов (данные по РФ).

Оборудование и технологии, применяемые для улавливания и обезвреживания выбросов вредных веществ в атмосферу, совершенствуется крайне медленно, в связи, с чем продолжает оставаться низкий уровень утилизации уловленных вредных веществ (лишь половина из них используется в производстве повторно), а основная доля улова приходится на менее опасные для здоровья населения твердые вещества, в то время как газообразные и жидкие улавливаются лишь на 25%. По данным Росгидромета, уровень улова вредных веществ на предприятиях промышленности строительных материалов составляет – 91,6%, химической и нефтехимической – 91,1%, электроэнергетики – 84%, цветной металлургии – 82,9%, наименьший показатель в нефтедобывающей – 3,1% и газовой – 1,2%, промышленности.

Серьезной проблемой остается очистка сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. Процент нормативно-очищенных сточных вод к объему вод требующих очистки, например в России, составляет лишь 9,5%, в т.ч. в промышленности 14,9%, в жилищно-коммунальном хозяйстве 7,8%, и в сельском хозяйстве 0,6%.

Промышленность и сельское хозяйство продолжают оставаться источниками развития процессов, оказывающих отрицательное влияние на состояние подземных вод.

Многие виды современных производств характеризуются образованием токсичных жидких отходов, для которых отсутствуют удовлетворительные технологии очистки или обезвреживания и, следовательно, требуется весьма длительная изоляция отходов от биосферы. Обеспечить некую изоляцию на поверхности земли практически невозможно, особенно для больших объемов отходов, измеряемых миллионами кубометров и размещаемых в различного рода прудах-накопителях, испарителях и других подобных сооружениях. Такие сооружения неизбежно становятся источниками постоянного или эпизодического поступления отходов в подземные и поверхностные воды прилегающих участков.

Значительно более безопасным в экологическом отношении способом обращения с жидкими отходами является их подземное захоронение в глубокие водоносные горизонты или торфяных артезианских бассейнов. Такие горизонты содержат, как правило, высокоминерализованные и не представляющие практической ценности подземные воды и имеют надежную природную изоляцию от поверхности земли, поверхностных вод и пресных подземных вод верхней части земной коры, используемых для хозяйственно – питьевого водоснабжения. Этот способ обращения с жидкими отходами надолго

обеспечивает длительную (прогнозируемую на многие тысячи лет) изоляцию отходов, что и определяет его экологическую безопасность. Специфика многих отраслей промышленности требует индивидуальные подходы к решению природоохранных задач.

Основные меры защиты атмосферы от загрязнений промышленными пылями и туманами предусматривают широкое использование пыле- и туманно улавливающих аппаратов и систем. Исходя из современной квалификации пылеулавливающих систем, основанной на принципиальных особенностях процесса очистки, пылеочистное оборудование можно разделить на четыре группы: 1) сухие пылеулавливатели; 2) мокрые пылеулавливатели; 3) электрофильтры; 4) фильтры. Пылеулавливатели различных типов, применяются при повышенных концентрациях примесей в воздухе. Фильтры используются для тонкой очистки воздуха с концентрациями примесей менее 100 мг/м^3 . Если требуется тонкая очистка воздуха при высоких начальных концентрациях примесей, то очистку ведут в системе последовательно соединенных пылеулавливателей и фильтров.

Процесс очистки газов от твердых и капельных примесей в различных аппаратах характеризуется рядом параметров в т.ч. общей эффективностью очистки:

$$\eta = (c_{\text{вх}} - c_{\text{вых}}) / c_{\text{вх}},$$

где $c_{\text{вх}}$ и $c_{\text{вых}}$ – массовые концентрации примесей в газе до и после пылеулавливателя (фильтра). Если очистка ведется в системе последовательно соединенных аппаратов, то общая эффективность очистки характеризуется формулой:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n),$$

где $\eta_1, \eta_2 \dots \eta_n$ – эффективность очистки 1-го, 2-го и n-го аппаратов. Для оценки эффективности процесса очистки также используется коэффициент проскока K частиц через пылеулавливатель:

$$K = \frac{c_{\text{вых}}}{c_{\text{вх}}}.$$

Как следует из формул коэффициент проскока и эффективность очистки связаны соотношением:

$$K = 1 - \eta.$$

При сравнительной оценке задерживающей способности пылеулавливателей и фильтров различных типов, кроме общей и фракционной эффективности очистки используют понятие атомоплотности очистки. Она определяется размером частиц, для которых эффективность осаждения частиц в пылеулавливателе составляет $0,50 \text{ г/м}^3$.

В процессе пылеулавливания весьма важное значение имеет физико-химические характеристики пылей и туманов, такие, как дисперсионный (фракционный) состав, плотность, адгезионные свойства, смачиваемость, электрическая зараженность частиц, удельное сопротивление слоев частиц.

В очистные сооружения промышленных предприятий поступают сточные воды трех видов: производственные, бытовые и атмосферные. Для обеспечения промышленных предприятий Советского Союза ежегодно забиралось из естественных источников водоснабжения 100 млрд.м³ воды, при этом 90% этого объема возвращалось обратно в водоемы с различной степенью загрязнения. Около 10% общего водопотребления промышленности приходится на машиностроительные предприятия. Вода на машиностроительных предприятиях используется для вспомогательных целей: охлаждения (подогрева) исходных материалов и продукции предприятия, охлаждения деталей и узлов технологического оборудования, растворение реагентов для приготовления различных технологических растворов, что сопровождается, как правило, загрязнением воды растворимыми примесями, промывки, обогащения и очистки исходных материалов или продукции, что приводит к загрязнению воды растворимыми и нерастворимыми примесями, хозяйственно-бытового обслуживания работников предприятия.

Концентрация загрязняющих веществ и качественный состав загрязнений, как правило, изменяется в широком диапазоне в зависимости от видов и особенностей технологических процессов: литейных, механической обработки, гальванопокрытий.

Бытовые сточные воды машиностроительных предприятий по составу и концентрации загрязняющих веществ подобны городским сточным водам, очищаемым на городских станциях канализации.

Атмосферные сточные воды образуются в результате смывания дождевыми, снеговыми и поливочными водами загрязнений, имеющих на территории предприятий, крышах и стенах зданий. Количество атмосферных сточных вод, состав и концентрация загрязнений в них изменяется в течение года и зависит от типа предприятия. Снижение концентрации загрязнения в атмосферных сточных водах достигается поддержанием в чистоте рабочей территории. Количество атмосферных сточных вод, как правило, выше, чем производственных сточных вод, а концентрация загрязнений в них значительно ниже.

Расчет допустимого состава сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, производится с учетом «Правил охраны поверхност-

ных вод от загрязнений сточными водами» утвержденными рядом министерств.

Указанные правила предназначены для предупреждения избыточного загрязнения сточными водами водных объектов.

Очистка сточных вод от механических примесей в зависимости от их свойств, концентрации и фракционного состава на машиностроительных предприятиях осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения механических частиц в поле действия центробежных сил и фильтрование.

Процеживание – первичная стадия обработки стоков, предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования.

Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием их через решетки и волокнуловители. Решетки изготавливаются из металлических стержней с зазором между ними, равным 5...25мм, и устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально или под углом 60°...70° к горизонту. Размеры поперечного сечения решетки выбирают из условия минимальных потерь давления потока на решетку. Скорость сточных вод в зазоре между стержнями решеток не должна превышать значение 0,8...1 м/с при максимальном расходе сточных вод. Расчет решеток сводится к определению числа прозоров решетки, её ширина и потерь напора сточной воды на решетке. Число прозоров определяется по формуле:

$$n = 1,05 \frac{Q_v n}{bhw},$$

где Q_v – объемный расход сточной воды,

b – ширина прозора,

h – глубина коллектора,

w – скорость движения сточной воды в прозорах.

При эксплуатации решетки должны очищаться непрерывно. Очистка решеток осуществляется, как правило, механическим путем, и лишь при количествах задерживаемых примесей мене 0,0042 м³/гр допускается использовать решетки с ручной очисткой.

Отстаивание предназначено для выделения из сточных вод нерастворимых и частично коллоидных механических загрязнений минерального и органического происхождения. Этот процесс основан на закономерностях осаждения твердых частиц в жидкостях.

Очистка производственных сточных вод отстаивание осуществляется в песколовках, отстойниках, гидро-, нефте-, смоло- и маслоуловителях.

Песколовки применяются для задержания тяжелых нерастворимых примесей; песка (стока литейных цехов), окалины (стока прокатных цехов) и т.д. со средним размером частиц более 250 мкм.

Фильтрация сточных вод предназначена для очистки их от тонкодисперсных механических загрязнений с небольшой концентрацией. Процесс фильтрация применяется также после физико-химических и биологических методов очистки, так как некоторые из них сопровождаются выделением в очищаемую жидкость механических загрязнений.

Для очистки сточных вод машиностроительных предприятий от металлов и их солей применяются расчетные, ионообменные, электролитические методы. Широко распространены реагентные методы очистки, при которых происходят следующие основные химические процессы: окисление или восстановление растворенных в воде примесей с образованием нетоксичных продуктов; переход растворимых примесей в нерастворимые с последующим разделением твердой и жидкой фаз и нейтрализация содержащихся в сточных водах свободных кислот и щелочей.

К основным методам расчетной очистки сточных вод относят обработку их хлорной известью, NaCl, KCl, солями железа, а также хлорированием и озонированием. Выбор того или иного реагента для обработки сточных вод зависит от состава и концентрации примесей в сточной воде, расхода сточной воды, значение pH и т.п.

Нейтрализация сточных вод

На машиностроительных предприятиях нейтрализация сточных вод ведется для удаления из них H_2SO_4 , HCl, HNO_3 , H_3PO_4 и других кислот, щелочей NaOH и KOH, а также солей металлов образованных на основе кислот и щелочей. В качестве реагента для нейтрализации используют любые щелочи и их соли (NaOH, KOH, известь, известняк, доломит, мел, мрамор, сода и др.). Наиболее дешевый и доступный реагент $Ca(OH)_2$. Соответственно для нейтрализации сточных вод, содержащих щелочи и их соли, применяют кислоты, обычно техническую серную кислоту.

На машиностроительных предприятиях очистка сточных вод проходит в две стадии: 1) сточные воды очищаются в локальных очистных сооружениях от примесей, наиболее характерных для данного

технологического процесса; 2) осуществляется доочистка общего стока предприятия.

Расчет выпусков сточных вод в водоемы.

Разбавление сточных вод это процесс снижения концентрации загрязняющих веществ в водоемах, вызываемый перемешиванием сточных вод с водной средой в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления:

$$n = (C_o - C_b) / (C - C_b),$$

где C_o – концентрация загрязняющих веществ в выпускаемых сточных водах;

C_b и C – концентрация загрязняющих веществ в водоеме до и после выпуска соответственно.

Безотходные и малоотходные производственные процессы.

В настоящее время достигнуты успехи в области создания и внедрения безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод народного хозяйства на безотходную технологию потребует решения большого количества весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений.

Поэтому для всестороннего внедрения безотходной технологии важным направлением экологизации промышленности производства следует считать: 1) совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду; 2) замена токсичных отходов на нетоксичные; 3) замена не утилизируемых отходов на утилизируемые; 4) применение массивных методов защиты окружающей среды. Пассивные методы защиты окружающей среды включают комплекс мероприятий по ограничению выбросов промышленного производства с последующей утилизацией или захоронением отходов.

Тема 3 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории нашей республики являются промышленные предприятия, автотранспорт и объект энергетики. В 1998 г. этими источниками выброшено в атмосферу 1788,2 тыс.т компонентов, причём большая их часть поступает от автотранспорта 1373,8 тыс.т, или 76,8%, на долю остальных загрязнителей пришлось менее $\frac{1}{4}$ суммы выбросов загрязняющих веществ. В составе выбросов преобладали: оксид углерода – 1033 тыс.т или 9.1% следует отметить, что преобладающее количество оксидов углерода (91,9%) и оксидов азота (70,8%) в атмосфере от автотранспорта. Кроме того, от автотранспорта в атмосферу поступают свинец и бензоперен, являющийся чрезвычайно токсичным для живых организмов.

Основное количество выбросов в атмосферу в республике от стационарных источников в 1998 г. приходилось на долю шести министерств (ведомств): концерна «Белнефтехим» (93,5 тыс.т), концерна «Белэнэрго» (93,6 тыс.т), министерства архитектуры и строительства (45,2 тыс.т), министерства промышленности (30,6 тыс.т) и министерства сельского хозяйства и продовольствия (29,2 тыс.т).

Среди городов республики Беларусь наибольший объём выбросов в 1998 г. зарегистрирован в Минске – 154,15 тыс.т. Вклад автотранспорта в суммарном выбросе по Минску составил 73,7%. Кроме собственных источников загрязнения окружающей среды территория республики загрязняется вредными примесями, выбрасываемыми в атмосферный воздух в соседних странах. В 1994 г. за счёт Трансграничного процесса (переноса) на территорию республики выпало 301 тыс.т серы, в том числе от собственных источников 43 тыс.т (14%), от Польши – 92 тыс.т (30%), Украины – 23 тыс.т (7%), стран западной Европы – 103 тыс.т (34%). Из 114,3 тыс.т окисленного азота от собственных источников – 7,2 тыс.т (6%), Польши – 24,9 тыс.т (22%), Украины – 5,2 тыс.т (5%), стран Западной Европы – 62,4 тыс.т (55%). Из 182 тыс.т выпавшего восстановленного азота от собственных источников поступило 63,4 тыс.т (35%), от Польши 30,7 тыс.т (17%), Украины 35,2 тыс.т (19%), стран Западной Европы – 18,7 тыс.т. (10%). Эти суммарные поступления соответствуют следующим уровням интенсивности выпадений ($\text{кг}/\text{км}^2$ в год): серы – 1460 кг, окисленного азота – 548 кг, восстановленного азота – 876 кг.

Вышеприведённые данные свидетельствуют о важной роли осадков в процессе переноса загрязняющих веществ на большие расстояния и загрязнении окружающей среды. Качественный состав осадков в Беларуси в 1994 г. над промышленными районами характеризовался небольшой минерализацией с преобладанием нитратов (37 %) от общей суммы ионов, сульфатов (23%), ионов аммония и хлоридов (11–12%), гидрокарбонаты составили всего лишь 3%. Сульфаты, соединения азота, и гидрокарбонаты, содержащиеся в осадках, являются в основном продуктами окисления оксидов серы и азота, растворения аммонийных солей и карбонатов, которые присутствуют в атмосферной пыли.

Максимальное количество веществ, выпавших с осадками, характерно для промышленных городов. В нашей республике это города Полоцк (43 % от общего количества веществ) и Витебск (69%). Города с повышенной загазованностью и запылённостью воздуха характеризуется выпадением осадков с повышенной минерализацией, содержание сульфитов и гидрокарбонатов в них составляет 50–60%, а доля азота в этих осадках 9–12%. Считается, что кислотные осадки на 2/3 обусловлены диоксидом серы и на 1/3 оксидами азота.

При нормальных условиях чистая дождевая вода содержит растворённый атмосферный диоксид углерода, образующий слабую угольную кислоту (РН=5,6). Осадки имеющие показатель РН ниже 5,6 относятся к кислотным и называются кислотными дождями. В тех районах, где в почвах и воде содержится много щелочных веществ (известняки), кислотные дожди вследствие реакции нейтрализации не наносят столь значительного ущерба, как в тех регионах, где щелочных пород мало или они отсутствуют. Кислотные дожди губительны для поверхностных водоёмов, лесных и сельскохозяйственных угодий, разрушают почву, высвобождают из связанного состояния токсичные для живых организмов элементы, усиливают коррозию металлов, разрушают здания и сооружения. Уровень загрязнения атмосферы определяется концентрацией примесей в приземном слое воздуха (1,5/2м от поверхности земли) и зависит от технологических и метеорологических факторов. К технологическим факторам относятся расход газовой среды, её температура, концентрация примесей в выбросах, высота источников, сечение устья трубы и др. К метеорологическим факторам, определяющим величину приземной концентрации примесей, можно отнести расположение источников выброса, направление господствующих ветров, их скорость, температуру и влажность атмосферного воздуха, наличие инверсии, туманов, осадков и

др. Расположение источников загрязнения определяется географическим местоположением в зависимости от широты и долготы местности, а также локальным в зависимости от рельефа местности (долина, холм и др.) и высоты над уровнем моря.

Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий

Современное машиностроение развивается на базе крупных производственных объединений, включающих заготовительные и кузнечно-прессовальные цехи, цехи термической и механической обработки металлов, цехи покрытий, а в ряде случаев и крупное литейное производство. В состав предприятий также входят испытательные станции, ТЭЦ и вспомогательные подразделения. В процессе производства машин и оборудования широко используются сварочные работы, механическая обработка металлов, переработки неметаллических материалов, лакокрасочные операции и т.д.

Литейные цехи состоят из электродуговых и индукционных печей, вогранок и др. Они являются наиболее крупными источниками пылегазовыделения на машиностроительных предприятиях. При производстве машин чугуновых отливок выделяется 150...300кг СО, около 1,5кг SO₂, 25...60кг пыли, оксиды азота, фенол, аммиак и другие вредные вещества. При выплавке стали в индукционных печах выделяется незначительное количество газов и более крупная пыль в количестве в 5–6 раз меньшем, чем при работе электродуговых печей. Наибольшее количество пыли и газов выделяется при плавке металла в вагранках. Много вредных веществ (пыль СО, SO₂, NO и др.) поступают в атмосферу от переработки миктовых и формовочных материалов. Запылённость воздуха достигает 5...15г/м³.

Термические цехи. Вентиляционный воздух, выбрасываемый из термических цехов, загрязнён парами масла, аммиаком, цианистым водородом и другими источниками загрязнения окружающей среды в термических цехах являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе. Продукты сгорания топлива из печей обычно выбрасываются в атмосферу через трубы без специальной очистки. Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробелетийных химер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2/7 г/м³.

Прокатные и кузнечно-прессовые цехи. В процессе обработки металла в этих цехах выделяется много пыли, туманов, кислот и ма-

сел. В среднем общий выброс пыли из цеха составляет 200 г. на 1 т. товарной продукции.

Сварочные цехи. При проведении сварочных работ в атмосферу попадают токсичные газы и пыль. Ручная электродуговая сварка электродами с покрытиями и сварка в защитных газах плавящимся электродом сопровождается выделением мелкодисперсной пыли. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемого материала. Относительно небольшим пылевыделением характеризуется процесс сварки под флюсом, поскольку флюс препятствует непосредственному контакту расплавленного металла с кислородом, но он тормозит процессы окисления и испарения. Однако процессу сварки под флюсом свойственно значительное выделение пыли при засыпке флюса в бункер, и при сборе остатков флюса после сварки. Газовая и плазменная сварка металлов сопровождается выделением пыли и вредных газов.

Гальванические цехи. Изделия перед нанесением защитных покрытий подвергаются травлению растворами серной, соляной, азотной и плавиковой кислот. Концентрация туманов кислот в вентиляционном воздухе ванн травления составляет 30/500 мг/м³. Операции воронения, фосфатирования и т.п. сопровождаются выделением в воздух помещения различных вредных веществ. Особой токсичностью отличаются растворы цианистых солей, хромовой и азотной кислот и др. Концентрация вредных веществ (HCl, H₂SO₄, HCN, Cl₂O₃, NO₂, NaOH и др.) в удаляемом от гальванических ванн воздухе колеблется иногда в довольно значительных пределах, что требует специальной очистки воздуха перед выбросом в атмосферу.

Цеха производства неметаллических материалов. В современном машиностроении широкое применение находят стеклопластики, которые содержат стекловолоконный наполнитель и связующие смолы (ненасыщенные полиэфирные, фенолформальдегидные, эпоксидные). При производстве эбонитовых изделий в вентиляционную систему попадают SO₂, CO, H₂C, пары бензина, толуола, глицерина, пыль. Особенно много вредных выбросов происходит в процессе производства пластмасс, синтетических волокон и п.т.

Цехи механической обработки. Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В процессе шлифования и полирования выде-

ляется большое количество тонкодисперсной пыли. Вредные выбросы цехов механической обработки древесины состоят в основном из опилок, стружки и древесной пыли.

Лакокрасочные цехи. Вредные вещества выделяются как в период нанесения покрытий на изделия, так и при высыхании. Потери на туманообразование при работе пневматических распылителей составляет 15/40%. Из производственных помещений пары растворителей, а в некоторых случаях и лакокрасочные туманы выбрасываются через высокие трубы без предварительной очистки. Анализ состава загрязнений, выбрасываемых в атмосферу машиностроительным предприятием, показывает, что кроме основных примесей атмосферы (CO , SO_4 , NO_x , C_nH_m , пыль) в выбросах содержатся токсичные соединения, которые почти всегда оказывают более значительное отрицательное воздействие на окружающую среду, чем выбросу установок, сжигающих минеральное топливо. Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, как правило, невелики, но объёмы вентиляционного воздуха больше, поэтому валовые количества вредных веществ, поступающих в атмосферу, значительные выбросы производятся неполные сутки и с переменной интенсивностью, но ввиду небольшой высоты их выбросов, рассредоточенности и, как правило, плохой очистки сильно загрязняют воздух на территории предприятий. Это обстоятельство имеет важное значение, поскольку ширина санитарно-защитных зон для машиностроительных предприятий обычно не превышает 100 м. даже при наличии в составе завода литейных цехов, а для машиностроительного завода, в состав которого входят только цехи термо и металлообработки, ширина зоны 50 м. При такой малой ширине санитарно защитных зон возникают большие трудности в обеспечении чистоты воздуха в защитных зонах.

Тема 4 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ, НОРМИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ АТМОСФЕРЫ. СТАНДАРТЫ ПО ВЫБРОСАМ В АТМОСФЕРУ. СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СТАНДАРТОВ

Примеси, поступающие в атмосферу, оказывают различное токсическое воздействие на организм человека. Оксид углерода CO воздействует на нервную и сердечно-сосудистую систему, вызывают удушье (соединяется с гемоглобином крови, который становится неспособным переносить кислород к тканям). Поскольку оксид углерода – бесцветный газ и не имеет запаха, это делает его особенно опасным. Первичные симптомы отравления оксидом углерода (появление болей в голове) возникает при концентрации CO около $200 \div 220 \text{ мг/м}^3$ при длительном воздействии в течение $2 \div 3$ часов. При настолько больших концентрациях CO появляется ощущение пульса в висках, головокружение. При наличии в воздухе оксидов азота токсичность CO возрастает, поэтому допустимые концентрации CO в воздухе должны быть снижены приблизительно в 1,5 раза.

Оксиды азота NO_x (NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5). Основной выбрасываемый оксид NO_2 не имеет цвета и запаха, очень ядовит, разрушающе действует на органы дыхания человека. Особенно опасны оксиды азота в городах, где они, взаимодействуя с углеродами выхлопных газов автомашин, образуют фотохимический туман – «смог». Отравление оксидами азота начинается лёгким кашлем. При повышении концентрации NO_x возникает сильный кашель, рвота, иногда головная боль. При контакте оксидов азота с влажной поверхностью лёгких образуются кислоты HNO_3 и HNO_2 , что приводит к отеку лёгких. При многочасовом воздействии переносимы концентрации не выше 70 мг/м^3 . При концентрации оксидов азота $10 \div 20 \text{ мг/м}^3$ ощущается запах. При 3 мг/м^3 не наблюдается никаких явлений. Оксиды азота взаимодействуют со многими материалами, разрушая их.

Диоксид серы SO_2 . Бесцветный газ с острым запахом, уже в малых концентрациях $20 \div 30 \text{ мг/м}^3$ создаёт неприятный вкус во рту, разрушают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. При концентрациях около 50 мг/м^3 образует последовательно H_2SO_3 и H_2SO_4 . Порог запаха составляет $3\text{--}6 \text{ мг/м}^3$. В природе наиболее чувствительны к SO_2 хвойные и лиственные леса, так как SO_2 накапливается в листьях и хвое. При содержании SO_2 в воздухе от $0,23$ до $0,32 \text{ мг/м}^3$ происходит усыхание сосны за $2 \div 3$ года в результате нарушения фотосинтеза и дыхания хвои. Аналогичные изменения у лиственных деревьев воз-

никают при концентрации SO_2 около $0,5\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$. Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.) обладают наркотическим действием, в малых концентрациях снижают активность, вызывают головную боль, головокружение. Так, при вдыхании в течение 8 часов паров бензина в концентрации около 600 мг/м^3 возникают головные боли, кашель, неприятные ощущения в горле. Особую опасность представляют собой канцерогенные вещества – непосредственный контакт с ними живой ткани может привести к возникновению злокачественной опухоли. Наиболее опасно попадание этих веществ в органы дыхания. Из организма канцерогенные вещества не выводятся, к канцерогенным веществам относится бензопирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, который образуется в результате гидролиза угля и углеводородных топлив (при температуре более 600°C), обнаруживается в саже, дымовых газах и отработавших газах и отработавших газах автомобилей.

Альдегиды (главным образом формальдегид). При воздействии на человека возникает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательные пути. Запах формальдегида отмечается при концентрации $0,2 \text{ мг/м}^3$. Длительное пребывание в атмосфере с концентрацией формальдегида от $1,0$ до $9,5 \text{ мг/м}^3$ приводит к разрушению слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, а при содержании формальдегида до $20\text{--}70 \text{ мг/м}^3$ отмечается головная боль, слабость, потеря аппетита, бессонница, сильное раздражение слизистых оболочек глаз.

Атмосферная пыль различного происхождения химического состава постоянно присутствует в атмосфере. При неполном сгорании топлива образуется сажа, которая представляет собой высокодисперсный нетоксичный порошок, на $90\div 95\%$ состоящей из частиц углерода. Сажа обладает большой адсорбционной способностью по отношению к тяжёлым углеводородам и в том числе к бензопирену, что делает сажу весьма опасной для человека. Источником атмосферной пыли является зола, образующаяся при сгорании топлив и в определённых количествах уносимая в атмосферу отходящими газами. В золе содержится углерод, углеводороды в виде смол и масел и неорганические соединения. Дисперсный состав пыли и туманов определяет проникающую способность в организм человека, устойчивость пылевых выбросов в атмосфере и почти всегда является решающим фактором при выборе средств и способов защиты от пылевых выбросов и туманов. Особую опасность для человека представляют токсичные тонкодисперсные пыли с размером частиц $0,5\div 10 \text{ мкм}$, поступающие

в атмосферу с вентиляционными выбросами и легко проникающие в организм дыхания человека.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) примесей. Основной физической характеристикой примесей атмосферы является концентрация – количество вещества в единице объёма воздуха при нормальных условиях, обычно в мг/м³. Концентрация примесей определяет физическое, химическое и другие виды воздействия вещества на окружающую среду и относится к основным параметрам при нормировании допустимых концентраций примеси в атмосфере. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосфере населённых пунктов регламентированы списком Министерства здравоохранения, в соответствии с которым установлен класс опасности вещества, допустимая максимальная разовая и среднесуточная концентрация примесей. Приоритет научного обоснования уровней допустимого содержания примесей в атмосфере принадлежит советским учёным и прежде всего В.Я.Рязанову. ПДК – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, относится к определённому времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него никакого вредного действия, включая отдалённые последствия, и на окружающую среду в целом. Если вещество оказывает на окружающую природу вредное действие в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую природу. Максимальная разовая ПДК – основная характеристика вредного вещества. Она устанавливается с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение биоэлектрической активности головного мозга, световой чувствительности глаз др.) при кратковременном воздействии атмосферных примесей. Среднесуточная ПДК – для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вещества на организм человека. Концентрация вредных веществ определяется по пробам, отобраным в течение 20 ÷ 30 мин. Регламент отобранных проб воздуха определяется ГОСТом. Наибольшая концентрация C каждого вредного вещества в приземном слое не должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации.

Т.е $C \leq ПДК_{\text{макс}}$. При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условию:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где C_1, C_2, C_n – концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке местности, мг/м³;

$ПДК_1, ПДК_2$ и $ПДК_n$ – максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере, мг/м³.

Эффектом однонаправленного действия C суммации обладает ряд вредных веществ, например диоксиды серы и азота, диоксид серы и сероводород; сильные минеральные кислоты (серная, солёная, азотная); этилен, пропан, бутилен, амилен и др.

Предельно допустимые выбросы (ПДВ). Для каждого источника загрязнения атмосферы устанавливается предельно допустимые выбросы вредных веществ из условия, что выбросы вредных веществ от данного источника и совокупности источников города или другого населённого пункта с учётом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК для населения, растительного и животного мира. Расчёт ПДВ ведут в соответствии с СН 369–74. Если на территории предприятия действует несколько мелких одиночных источников выбросов (например, вентиляционные выбросы, выбросы от энергетических установок и т.п.), то устанавливают суммарный ПДВ для предприятия или объекта. При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы необходимо учитывать значение фоновых концентраций вредных веществ в воздухе C_ϕ от остальных источников загрязнения, действующих в данной местности. В этом случае необходимо выполнить условие $C + C_\phi \leq ПДК$. Контроль ПДВ ведут измерение примесей.

Тема 5 ПУТИ И МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ВЫБРОСАМ В АТМОСФЕРУ. СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СТАНДАРТОВ

Первые законы по защите окружающей среды были разработаны и введены в Калифорнии Советом по защите воздушных ресурсов. Их целью было снижение вредного влияния двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду. Первоначально ограничивались выбросы дорожных транспортных средств, и лишь позже были установлены нормы для двигателей, используемых для других целей. Сейчас экологические законы приняты во многих странах мира.

Стандарты токсичности в Евросоюзе.

Нормы Евросоюза по токсичности отработавших газов дизельных двигателей внедорожных самоходных машин.

Первые законодательные нормы Евросоюза, ограничивающие токсичность отработавших газов (ОГ) внедорожных самоходных машин, были опубликованы 27 февраля 1998г. (Директива 97/68/ЕС). Нормы для дизелей внедорожных машин вводились в два этапа: Stage I вступили в силу в 1999–м, Stage II – в зависимости от полезной мощности двигателей с 2001–го по 2004г. Нормы, установленные стандартами Stage I и Stage II, не должны превышать величин, приведенных в таблице1. Нормы, принятые в Stage I, ограничивают токсичность ОГ, выходящих непосредственно из камеры сгорания (КС), т. е. до того, как ОГ поступят в какое–либо устройство в составе системы выпуска, нейтрализующее ОГ. При сертификации на соответствие нормам Stage I/ II двигатели должны испытываться на топливе с содержанием серы 0,1...0,2% по массе. Нормы Stage III/ IV по токсичности ОГ двигателей внедорожных машин были опубликованы Европейской комиссией 27 декабря 2002г. и приняты Парламентом в октябре 2003г. Нормы Stage III постепенно вступят в силу с 2006–го по 2013. Нормы Stage IV будут вводиться в действие в 2014г.

Под действие норм Stage III/ IV попадают только новые транспортные средства и оборудования, а машины, уже находящиеся в эксплуатации, можно продолжать использовать, если двигатели соответствуют нормам Stage I/ II, даже после замены двигателей.

Нормы Stage IIIВ ограничивают максимально допустимое содержание сажи величиной 0,025 г/кВт·ч, т.е. на 90% меньше по сравнению со Stage II. Чтобы выполнить это условие, предполагается, что

системы выпуска двигателей будут оборудоваться сажевыми фильтрами. В Stage IV вводится также очень жесткое ограничение содержания NO_x : не более 0,4 г/кВт·ч, чтобы выполнить которое потребуется также обработка ОГ при помощи каких-либо устройств в системе выпуска, например, избирательная каталитическая нейтрализация ОГ с аммиачным реагентом (SCR), чтобы обеспечить соответствие очень жестким нормам Stage IV по NO_x – 0,4 г/кВт·ч.

Нормы Stage I/ II были частично приведены в соответствие со стандартами США. Нормы Stage III/ IV гармонизированы со стандартами Tier 3/ 4 США.

Образцовое топливо, используемое для испытаний на одобрение типа транспортного средства (сертификации) в соответствии со Stage III, должно содержать серы от 1000 до 2000 частей на 1 млн. Для оценки содержания сажи в ОГ в соответствии с предлагаемыми нормами Stage IV необходимо будет использовать топливо со сверхнизким содержанием серы 10...50 частей на 1 млн. Согласно Директиве 2003/17/ЕС не содержащее серы дизельное топливо (10 частей на 1 млн.) будет продаваться в странах Евросоюза с 2009г.

Нормы токсичности высоконагруженных двигателей первоначально были введены Директивой 88/77/ЕЕС, которая впоследствии несколько раз переиздавалась в новых редакциях. В 2005 г. нормы были переработаны и сведены в Директиву 05/55/ЕС. Под действие этих норм токсичности подпадают все самоходные транспортные средства с «технически допустимой максимальной полной массой» свыше 3500кг, оснащенные двигателями с самовоспламенением от сжатия (дизельными) либо двигателями с принудительным воспламенением, работающими на природном или на сжиженном нефтяном газе.

Нормы Euro I введены в 1992г., в 1996–м вступили в действие нормы Euro II. Под действие этих стандартов подпадают двигатели грузовиков и городских автобусов. Однако для городских автобусов эти нормы носили рекомендательный (добровольный) характер.

Директивой 1999/96/ЕС с 2000г. вводились в действие стандарты Euro III, а с 2005/2008 гг. – Euro IV/V. Этим документом также устанавливались добровольные более жесткие нормы токсичности ОГ для «экологических транспортных средств».

Директивой 2005/55/ЕС, принятой Евросоюзом в 2005 г., вводились требования по надежности сохранения уровня токсичности ОГ и диагностике с помощью бортовой (диагностической) системы, а также устанавливались новые значения норм Euro IV и Euro V (впервые

установленные в Директиве 1999/96/ЕС). Согласно «раздельному» подходу к установлению норм технические требования, относящиеся к надежности сохранения уровня токсичности ОГ и бортовой диагностике, включая положения по системам снижения токсичности, в которых используются расходные реагенты, были описаны в Директиве 2005/78/ЕС.

Стандарты токсичности в США для дизельных двигателей внедорожных машин.

Федеральные стандарты Tier 1 для дизельных двигателей новых внедорожных машин были приняты в 1994г., под их действие подпадали силовые агрегаты мощностью свыше 37 кВт (50 л.с.). Нормы должны были вступить в действие поэтапно, в период с 1996–го по 2000 г. В 1996–м подписано Соглашение о принципах (Statement of Principles – SOP) между Управлением по защите окружающей среды США (EPA),

27 августа 1998 г. EPA утвердило окончательную редакцию норм, отражающую положения SOP. В том же году были введены стандарты Tier 1 для двигателей мощностью ниже 37 кВт (50 л.с.) и более жесткие Tier 2 и Tier 3 для всех двигателей. Tier 2 и Tier 3 решено было вводить в действие поэтапно – с 2000–го по 2008г.

11 мая 2004г. EPA подписало предложенные нормы Tier 4 на токсичность ОГ, которые должны быть введены в действие поэтапно в период с 2008–го по 2015 г. Стандарты Tier 4 устанавливают уровни содержания сажи и NO_x в ОГ, которые на 90% ниже, чем в нормах Tier 3.

В нормах Tier 1...3 не ограничивается содержание серы в топливе для дизелей внедорожных машин. Ограничения, принятые в нефтеперерабатывающей промышленности, составляют 0,5% серы по массе. Сейчас концентрация серы в топливе – около 0,3%. Чтобы привести двигатели в соответствие с нормами Tier 4 и обеспечить возможность применения прогрессивных технологий, при которых требуется использование топлива с малым содержанием серы, таких, как применение сажевых фильтров и веществ, адсорбирующих NO_x , EPA предлагает снизить допустимый уровень содержания серы в топливе для дизелей внедорожных машин. Нормы Tier 4 будут вводиться в действие поэтапно, с 2008–го по 2015 год.

Все эти меры направлены на сокращение выброса вредных веществ в атмосферу, уменьшение до минимума их пагубного воздействия на живую природу и человека. Ведь миллионы людей ежедневно вдыхают с выхлопными газами такие ядовитые выбросы:

СО (окись углерода) – ухудшает кровообращение;
НС (углеводород) – притупляет слух, обладает канцерогенным действием, разрушает озоновый слой атмосферы;

NO_x (окись азота) – раздражает дыхательные пути, способствует проникновению в бронхи инфекции;

окись азота является «инициатором» кислотных дождей и тоже разрушает озоновый слой;

твердые частицы (сажа, смолы и т.п.) легко разносятся ветром и негативно влияют на легкие животных и людей.

Для стран Евросоюза с 1.01.2011 начинают действовать экологические нормы для внедорожной техники Stage IIIВ.

Для стран ЕвразЭС разработан проект технического регламента. Согласно этому документу автомобильная техника и двигатели внутреннего сгорания подразделяются на экологические классы.

Согласно с техническим регламентом разрешается изготовление техники:

- экологического класса 3: с даты вступления в силу настоящего регламента по 31 декабря 2012г. (Правила ЕЭК ООН № 96–01 что соответствует STAGE 2)

- экологического класса 4: с 1 января 2013г по 31 декабря 2015года (Правила ЕЭК ООН № 96–02 что соответствует STAGE 3А)

- экологического класса 5: с 1 января 2016г

На территории Украины с 1 января 2006 года действуют экологические нормы класса .

На территории Китая с 1 июля 2008 года вступили в силу требования Euro–3. Для строительной техники действуют нормы Euro–2, а в Шанхае — исключительно Euro–4.

В Республике Беларусь введены в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь Правила ЕЭК ООН №96 (02) согласно которому начали действовать с 1.07.2010 экологические нормы для внедорожной техники Stage IIIА для установки новых двигателей. Срок действия экологических норм не оговорен.

В настоящее время для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин установлено предельно–допустимые значения выбросов и сроки их внедрения или поставки их в страны СНГ, Украину, Таможенного Союза (таблица 1).

Анализ и типы двигателей. Методы достижения экологических норм.

Специалисты DAF, Renault, Volvo, IVECO, чешской Tatra остановили свой выбор на применении системы каталитической нейтра-

лизации SCR, предусматривающей впрыск раствора мочевины AdBlue в выхлопную трубу. Напротив Mercedes-Benz, MAN, Scania, CUMMINS, Deutz, Caterpillar сумели предложить покупателям дизели, удовлетворяющие нормам Euro 4 с использованием системы рециркуляции выхлопных газов EGR, и временно применили систему SCR для моторов в исполнении Euro 5. Было объявлено, что предпринимаются все усилия, чтобы в будущем отказаться от SCR с впрыском AdBlue.

EGR и SCR — «плюсы» и «минусы»

В системе частичной рециркуляции выхлопных газов EGR (Exhaust Gas Recirculation) от 18 до 25 процентов выхлопных газов, находясь под давлением, — создаваемым специальным «соплом Вентури», подаются обратно во впускной коллектор, снижая содержание кислорода в наддуваемом воздухе. Так происходит уменьшение температуры сгорания и, как следствие, сокращение выделения вредных выбросов оксидов азота (NO_x). Для ликвидации дыма и запаха выхлопных газов в глушителе устанавливают специальный нейтрализатор-окислитель. Он не требует обслуживания в период эксплуатации и его работа никак не зависит от качества дизельного топлива. Система EGR позволяет снизить токсичность выхлопных газов до требований стандарта Euro 4

Работа системы SCR заключается в следующем: 32,5%-ный раствор мочевины AdBlue, имеющий химическое происхождение и хранящийся на грузовике в специальном баке, впрыскивается форсункой в район выпускного коллектора. Происходит его смешивание с потоком горячих отработанных газов, после чего в специальном каталитическом нейтрализаторе протекает химическая реакция, в результате которой вредные оксиды азота превращаются в азот и водяные пары, не оказывающие отрицательного влияния на живое.

Что касается снижения уровня твердых частиц, то с ними борются путем сжигания в двигателе. Процесс сгорания при этом более интенсивный и требует внесения некоторых корректив в конструкцию системы впрыска.

Технология SCR в отличие от системы EGR позволяет дизелям «уложиться» не только в нормы Euro 4, но и в нормы Euro 5. По этой причине большинство производителей тяжелых грузовиков остановили свой выбор именно на ней. Однако с применением SCR дела обстоят не так гладко. Цилиндр, прокладка головки блока цилиндра, поршни, головка блока и шатуны у двигателя с SCR должны быть выполнены усиленными, чтобы обеспечить их устойчивость к работе

при более высокой температуре. Система включает резервуар для AdBlue, каталитический конвертор, оборудование для впрыска AdBlue, индикатор выброса выхлопных газов, лампочку индикатора на панели приборов. Снаряженная масса автомобиля повышается в среднем на 200 — 250 кг, а его цена — примерно на 3 тыс. евро. На двигателях, соответствующих нормам Euro 5, устанавливают более крупные нейтрализаторы и большие по размеру баки с раствором, так как его расход больше.

Система SCR функционирует в течение всего жизненного цикла автомобиля, практически не нуждаясь в обслуживании, и ее наличие не влияет на изменение срока службы масла в двигателе.

В настоящее время, двигателя которые можно использовать в составе моторных установок для экспорта соответствующие экологическим нормам Stage IIIB разработаны следующими компаниями: Mercedes-Benz, CUMMINS, Deutz, Caterpillar, IVECO, International.

Двигателя International требуют сертификации, двигателя MM3 в стадии разработки.

Таблица 1. Информация о действующих предельно допустимых значениях выбросов вредных веществ в атмосферный воздух для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин

	Диапазон мощности*	Полезная мощность P (кВт)	Окись углерода CO (г/кВт ч)	Углеводороды CH (г/кВт ч)	Окислы азота NOx (г/кВт ч)	Твердые частицы (г/кВт ч)	Обозначение ТИПА	Дата введения указанных норм	Примечание
Российская Федерация	Нормы Stage I						ГОСТ Р 41.96-2005	для серийно выпускаемых двигателей, поставленных на производство до 01.01.2008	С 01.05.2011 в соответствии с техническим регламентом Российской Федерации "О безопасности машин и оборудования" проводится обязательная сертификация дизельных двигателей тракторов и сельхозмашин на соответствие указанным требованиям
		P >130	5,0	из	9,2	0,54			
		75 <P< 130	5,0	из	9,2	0,70			
		37 < P < 75	6,5	из	9,2	0,85			
	Нормы Stage II						ГОСТ Р 41.96-2005	для всех вновь проектируемых и модернизируемых двигателей с 01.01.2008	
	E	130 <P <560	3,5	U0	6,0	0,2			
	F	75 <P< 130	5,0	1,0	6,0	0,3			
	G	37 < P < 75	5,0	из	7,0	0,4			
	D	18 < P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8			
Таможенный союз	Нормы Stage II						Правила ЕЭК ООН №96(01) Пересмотр 1		При обязательной сертификации сельхозмашин предоставляются документация на двигатель, подтверждающие соответствие данным требованиям
	E	130 < P < 560	3,5	1,0	6,0	0,2			
	F	75 < P < 130	5,0	1,0	6,0	0,3			
	G	37 < P < 75	5,0	1,3	7,0	0,4			
	D	18 < P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8			

Продолжение таблицы 1.

	Диапазон мощности*	Полезная мощность P (кВт)	Окись углерода CO (г/кВт ч)	Углеводороды CH (г/кВт ч)	Окислы азота NOx (г/кВт ч)	Твердые частицы (г/кВт ч)	Обозначение ТНГ1А	Дата введения указанных норм	Примечание
	Республика Беларусь	Нормы Stage II						Правила ЕЭК ООН № 96(02) Пересмотр 1	для серийно выпускаемых двигателей, поставленных на производство с 01.01.2005 до 01.07.2010
E		130 < P < 560	3,5	1,0	6,0	0,2			
F		75 < P < 130	5,0	1,0	6,0	0,3			
G		37 < P < 75	5,0	1,3	7,0	0,4			
D		18 < P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8			
Нормы Stage III A						Правила ЕЭК ООН № 96(02) Пересмотр 1	для вновь разработанных двигателей с 01.07.2010		
H		130 < P < 560	3,5	4,0				0,2	
I		75 < P < 130	5,0	4,0				0,3	
J		37 < P < 75	5,0	4,7				0,4	
K		19 < P < 37	5,5	7,5		0,6			
Украина	Диапазон мощности*	Полезная мощность P (кВт)	Окись углерода CO (г/кВт ч)	Углеводороды CH (г/кВт ч)	Окислы азота NOx (г/кВт ч)	Твердые частицы (г/кВт ч)	Обозначение ТИПА	Дата введения указанных норм	Примечание
	Нормы Stage I						ДСТУ UN/ECE R 96-00-2002 (Правила ЕЭК ООН № 96-00:1995)	с 25.12.2002	Обязательного подтверждения соответствия данным требованиям не требуется
		P > 130	5,0	1,3	9,2	0,54			
		75 < P < 130	5,0	1,3	9,2	0,70			
	37 < P < 75	6,5	1,3	9,2	0,85				

* - указывается в знаке официального утверждения, который проставляется на двигателе

Тема 6 ПОЧВА КАК ПРИРОДНЫЙ РЕСУРС, ЭРОЗИЯ ПОЧВ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Почва как природный ресурс.

Почвенный покров представляет собой самостоятельную земную оболочку. По В. И. Вернадскому, почва – это биокосное тело, состоящее одновременно из живых и косных (неорганических) тел – минералов, воды, воздуха, органических остатков. Важнейшим свойством почвы является плодородие, т.е. способность почвы обеспечивать условия для продуцирования растениями органического вещества. Плодородие обусловлено всей совокупностью свойств почвы. Как среда обитания живых организмов почва характеризуется прежде всего механическим сопротивлением движению живых тел, малой сезонной амплитудой колебания температуры и влажности, недостатком кислорода и избытком диоксида углерода, содержанием органических веществ, пригодных для усвоения растениями. Обитатели почвы в результате своей жизнедеятельности проводят огромную почвообразующую работу, смешивают различные слои почвы. Между собой, уносят в глубину органические вещества, разлагают и минерализуют лесной опад и отмершие организмы. Земельный фонд планеты составляет площадь суши, доступную для сельскохозяйственной деятельности. Общая площадь суши на земном шаре равна 149 млн. км², но 14 млн. км² занимают ледники. В среднем в настоящее время на каждого жителя планеты приходится около 1 га пахотных земель, лугов и пастбищ. Эта величина неуклонно сокращается в связи с демографическим взрывом и ежегодным выходом по ряду причин части земельных ресурсов из сельскохозяйственного оборота. Из хозяйственного пользования каждый год выключается в среднем 5÷7 млн. га угодий различного вида. Пахотные земли в основном расположены в лесостепных и степных зонах планеты. Наиболее крупные их массивы находятся на территории бывшего СССР, в США, Канаде, Китае, Индии, Бразилии. Во все биологические эпохи почвы подвергались воздействию природных сил. В связи с расширением масштабов и интенсификации хозяйственной деятельности человека резко усилилось многостороннее воздействие на почвенный покров, хотя сокращение почвенного покрова планеты – обязательное условие обеспечения и поддержания экологического равновесия биосферы. Земельный фонд РБ по состоянию на 1 января 1999 г. Составил 20759,6 тыс. га. С 1982

по 1997 площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 10,8%. Основными причинами этого явились вывод из общественного пользования загрязненных радионуклидами земель, отводы под строительство жилья и промышленных сооружений, одичание сенокосов и пастбищ в поймах рек за счет зарастания кустарником и мелколесьем. За этот период площадь сельскохозяйственных угодий, приходящаяся на одного жителя республики, уменьшилось с 0,96 до 0,91 га, а пахотных земель с 0,62 до 0,6 га. В республике на 1 января 1998 года имелось 56,4 тыс. га земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых, торфа и проведении разведочных и строительных работ. На долю земель, нарушенных исключительно при торфоразработках, приходится 20%.

Радиоактивное загрязнение почв.

В момент катастрофы на ЧАЭС в атмосферу, гидросферу и литосферу было выделено около 50÷70 млн. кюри (кu) техногенных радионуклидов, в т.ч. долгоживущих – цезия – 137, до 1 млн. кюри, стронция – 90 около 0,2 млн. кюри, плутония – 239,240 – до 0,003÷0,005 кюри и других. 20÷30% от общего количества радио нуклидов, поступивших в биосферу, оказалось в почве, воздушно–сухих грунтах и данных отношениях, которые стали постоянным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды. Основными изотопами, существенно влияющими на условия безопасности проживания, наряду с цезием – 137 и 134 являются также стронций – 90 и трансураниды (плутоний и др.) в результате катастрофы на ЧАЭС 23% территории Беларуси с 3688 населенными пунктами, в которых на момент аварии проживало более 2–х млн. человек, было загрязнено радионуклидами более 1 кu/км² (по цезию – 137), радионуклидное загрязнение почв распространилось по всем областям республики. Наиболее пострадавшими в этом плане являются Могилевская и Гомельская области, на территории которых выпало большинство коротко и долгоживущих радионуклидов. Здесь плотность загрязнения цезием – 137 колеблется от 5402 до 2220 кбк/м². Общая площадь радиационно опасных земель в РБ на 1 января 1998составило 258,5 тыс. га, из них 3,1 тыс. га на лесные и лесопокрытые земли; 225,4 тыс. га – бывшие сельскохозяйственные земли, загрязненные радионуклидами. Общая площадь радиационно опасных земель в Брестской области составляет 100 тыс. га, в Гомельской области – 220,2 тыс. га, в Могилевской области – 46,2 тыс. га. Доаварийная обстановка (радиационная) в республике характеризовалась следующим образом: мощность гамма–излучения – 10÷20 мкР/час, содержание в почвах (цезия–137 –

0,04–0,1 кu/км²; стронция до 0,02÷0,07 кu/км²; плутония – 239,240 – 0,0010 – 0,0016 кu/км²) допустимые аварийные нормы плотности загрязнения составляли: по цезию – 137 – 259 кБк/м². После катастрофы на ЧАЭС бывшим Минздравом СССР в приказном порядке были увеличены дозы допустимого уровня проживания по цезию – 137 до 555 кБк/м², и в 1989 г. предел дозы за жизнь в 0,35 Зв. Вместе с тем международные нормы радиационной безопасности регламентируют границу безопасного проживания населения уровнем допустимой дозы облучения 1 мЗв/год и не более 20 мЗв/год за жизнь от внешнего и внутреннего облучения за счет потребления радиоактивно загрязненных продуктов питания. Загрязнение почв республики носит чрезвычайно неравномерный характер. На сравнительно небольших площадях отмечают высокие градиенты загрязнения почв. Наблюдения показали, что в большинстве типов почв основное количество цезия – 137 – 134, сосредоточено в верхнем 5–сантиметровом слое грунта, т.е. в наиболее плодородном горизонте. Кроме непосредственного загрязнения почв радионуклидами после катастрофы на ЧАЭС к постоянному времени обнаружено выраженное вторичное загрязнение почв. Источников вторичного техногенного загрязнения почв радионуклидами является применение загрязненного навоза и минеральных удобрений, золы после сжигания загрязненного топлива, в основном дров и торфобрикета. Дополнительное загрязнение почв происходит также в связи с движением транспорта из сильно загрязненных районов в относительно чистые за счет переноса загрязненных почвенных частиц на колесах транспортных средств. Основными двумя факторами, которые обуславливают снижение к настоящему времени уровня радиоактивного загрязнения почв на открытых участках местности с ненарушенным почвенным слоем, является естественный радиоактивный распад и миграция радионуклидов вглубь, за границу пахотного горизонта. К концу 1991 года естественный распад цезия – 137 составил в почвах около 10%. В РБ организована система радиационного мониторинга почв. Один раз в 4 года совместно с агрохимическим обследованием почв химизации уточняется ситуация по радиоактивному загрязнению сельхозугодий. Изучение влияния радиоактивного загрязнения на агроценозы и разработку защитных мероприятий ведет институт почвоведения и агрохимии (головная организация). Совместно с НИИ радиологии и отдельными лабораториями научно–исследовательских институтов Академии аграрных наук и опытными ситуациями. Основными изотопами, определяющими радиационную обстановку на территории республики в ближайшие 20

лет будут цезий – 137, стронций – 90, плутоний – 139. Ожидается значительное ухудшение радиационной обстановки сельхозугодий и населенных пунктов за счет вторичного техногенного загрязнения.

Эрозия почв и загрязнение их в результате сельскохозяйственной и промышленной деятельности

Водная и ветровая эрозии почв охватывают свыше 1/3 сельскохозяйственных угодий. Ежегодно слив почвы только в европейской части бывшего СССР составляет порядка 500 млн. т., что равно массе пахотного горизонта на площадь 170 тыс.га. со смываемой почвой уносится в поверхностные водоемы 1,3 млн. т. азота, до 0,6 млн. т. фосфора и около 12 млн. т. калия. В Беларуси проблемы водной и ветровой эрозии также весьма актуальны. По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрономии, 29,84% пахотных земель республики в различной степени подвержены водной эрозии, 7,8% – ветровой. В республике ежегодно с крутых склонов смывается примерно 2÷3 мм почвы, вследствие чего разрушается гумусовый горизонт, теряются питательные вещества, снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Различают механическую, водную, ветровую овражную эрозию. Беларусь характеризуется довольно разнообразными природными условиями. В северной природно-эрозионной зоне помимо водной в большей мере действует механическая эрозия – сдвиг почвы вниз по склону во время обработки склоновых земель сельскохозяйственной техникой. Овражная эрозия в этой зоне развита слабо. В пределах центральной зоны находятся самые крупные возвышенности республики: Минская, Оршанская, Новогрудская, Оршанско-Могилевское плато, для которых характерно преобладание длинных склонов большой крутизны. Особенности водно-физических свойств дерново-подзолистых почв усиливают поверхностную и овражную водную эрозию почв. В Южной (Полесской) природно-эрозионной зоне водная эрозия развита слабо. На большей территории в связи с преобладанием песчано-болотных равнин, водная эрозия вообще отсутствует. На территории зоны преобладают лёгкие почвы. Здесь в основном проявляется ветровая эрозия. Развитию ветровой эрозии почвы в Южной зоне способствует также и рельеф местности. На территории республики в 1960–1980 годах интенсивно проводилась работа по мелиорации заболоченных земель. Целью этой программы было решить продовольственную проблему в стране. Мелиорация земель значительно нарушила водный баланс поверхностных, а главное подземных вод, изменила их количество и качество. Интенсификация

сельскохозяйственного производства на мелиорационных землях привела к механическому разрушению мягких торфянистых почв, пересушенным в результате отвода питающих и подземных вод, загрязнению почвы, водоёмов и воздушного бассейна пестицидами, ядохимикатами, минеральными удобрениями. Помимо ветровой и водной эрозии разрушение почв в республике происходит также в результате сельскохозяйственного и промышленного производства. Загрязнение почв, связанное с сельскохозяйственным производством, в условиях Беларуси проявляется в избыточном накоплении химических веществ в результате известкования кислых почв, внесения минеральных удобрений и пестицидов, а также чрезмерного полива сельскохозяйственных угодий животноводческими стоками. Несмотря на то, что на территории республики практически все почвы в той или иной мере требуют известкования из-за высокой кислотности, в результате технологических и организационных нарушений системы известкования более 150 тыс. га пахотных земель переизвестковано. По этой причине недобор сельскохозяйственной продукции в республике составляет порядка 65 тыс. кормовых единиц в год. Доля зафосфаченных почв, развивающихся на песчаных породах составляет 25%, на суглинистых – около 4%. На 24% площадей республики наблюдается переизбыток калия. На таких сельхозугодьях дальнейшее применение минеральных удобрений категорически запрещено, а сами они должны достаточно длительное время использоваться для выращивания кормовых трав, под сенокосы и пастбища. В целом по республике избыточное накопление биогенных элементов произошло на 6% пахотных земель. Сельскохозяйственная продукция, полученная с этих территорий, характеризуется недопустимо высоким содержанием нитратов. Почвы прекрасно удерживают и накапливают остаточное количество переразложившихся пестицидов. Например, ДДТ официально не применяется в республике с 1974 года. Однако до сих пор отмечают его наличие в пахотном горизонте ряда районов, причём бывает, что его содержание в несколько раз превышает предельно допустимое. Обнаружены следы ДДТ в печени диких животных, птиц и человека. Правда, значительное снижение минеральных удобрений и ядохимикатов в республике, вызванное тяжёлым экологическим положением в последние годы даёт надежду на постепенное самоочищение почв от избытков биогенов и токсичных веществ. Перевод животноводства на промышленную основу обусловил проблему охраны почв и водных ресурсов от больших объёмов бесподстильного навоза. Ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую

среду 40–45 млн. м³ стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции стоков. Другим источником загрязнения почвы являются города с развитым транспортно-промышленным комплексом. Содержание загрязняющих веществ в почвах городов изменяются в широких пределах; от значений близких к фоновым; в районах построек; до концентрации в десятки раз превышающие фоновые; в зонах влияния промышленных предприятий и в старообжитых районах городов. Чаще всего допустимого по санитарно-гигиеническим нормам почвы городов загрязнены свинцом (1.3–3.5 мг/кг), медью (86–137.7). Наиболее загрязнены почвы тяжёлыми металлами в городах Минск, Гомель, Витебск, Бобруйск, Могилёв, Речица, Кричём, т.е. максимально, где длительное время функционирует мощный транспортно-промышленный комплекс, особенно металлообрабатывающие предприятия. Повышенный уровень загрязнения характерен и для средних городов, таких как Жодино, Борисов, Полоцк и другие. Данный уровень загрязнения почв в этих городах сложился под совокупным влиянием выбросов промышленных предприятий, ТЭЦ, автотранспорта и накопления в почвах твёрдых отходов. Количество промышленных отходов весьма значительно. Объём образования твёрдых бытовых отходов по республике составил в 1998 году 2.0 млн. тонн.

Тема 7 СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ПОЧВУ

Последнее время в специальной литературе появился термин «машинная деградация почв». Он обозначает комплекс вредных последствий, вызываемых колесами, гусеницами и рабочими органами почвообрабатывающих машин. Один из наиболее грозных факторов деградации почв – переуплотнение.

Для того чтобы растения развивались нормально, требуется определенное соотношение между основными частями почвы: твердыми частицами, водой и воздухом. Оптимальной будет такая почва, в которой твердые частицы составляют 50%, вода – 30% и воздух – 20%.

Если почва переуплотнена, урожайность резко снижается. Это объясняется тем, что переуплотненная почва плохо впитывает влагу.

«Исследования американских специалистов показали, что уплотнение почв в основных зерносеющих районах США снижает урожай хлебов на 8–13%.

Во многих странах, в том числе и СССР, были поставлены специальные опыты. Они показали, что уплотнение пылевато-илового суглинка трактором, колеса которого давят на землю с силой 2 кг/см^2 ... снижает урожайность картофеля более чем на 50%.

Имеются данные, что урожай заметно снижается даже в том случае, когда объемный вес земли увеличивается всего на $0,01 \text{ г/см}^3$ »

«Сегодня нужна техника, основанная на новых научных принципах. Традиционная техника – это 300 кг металла на 1 га пашни. Она ведет к переуплотнению и деградации почвы. Нужны: реактивные плуги, почволюбивые ходовые системы, вибрационные рыхлители, роторные комбайны, пневмогусеничные тракторы, плоскорезы вместо плугов. В Канаде плуги не применяются с 1963 года. В Голландии применяют «мостовое земледелие».

Чтобы сберечь и восстановить плодородие почвы, необходимо научиться выращивать продукты питания без ее разрушения и уплотнения.

Почву разрушают и уплотняют колеса и гусеницы сельскохозяйственных машин: тракторов, комбайнов, грузовиков, сеялок, косилок и т. п. Вся эту технику можно представить как систему для обработки почвы и растений, состоящую из двух частей: орудия обработки (орудие) и машины, которые перемещают эти орудия («тягач»).

Главная полезная функция «тягача» – перемещать орудие по полю. Нежелательный эффект, появляющийся при этом – разрушение и уплотнение почвы.

Главная полезная функция орудия – обрабатывать почву, растение. Нежелательный эффект, появляющийся при этом – разрушение и уплотнение почвы.

Главная функция системы «тягач» + орудие – обрабатывать почву и растения в соответствии с заданной технологией выращивания сельскохозяйственной культуры.

В соответствии с законами развития технических систем, описанными в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), основными тенденциями развития являются: постоянный рост параметров главной полезной функции системы и уменьшение факторов расплаты. Факторами расплаты являются разного рода затраты, связанные с выполнением функций системы и нежелательные эффекты, которые при этом проявляются.

Рассмотрим эти тенденции для системы обработки почвы и растений «тягач» + орудие.

Например, для посевного агрегата рост параметров его главной полезной функции выражается в постоянном росте количества секций у сеялки и увеличении ширины захвата – 4, 6, 8, 12, 18 метров.

Постоянное снижение факторов расплаты, связанных с выполнением функций, проявляется, например, в стремлении снизить вредное уплотняющее действие «тягача» и колес орудий на почву.

Стремление разработчиков сельскохозяйственной техники следовать этим тенденциям приводит к противоречивым требованиям. Так, например, чтобы «тягач» мог тянуть широкозахватную сеялку, он должен быть мощным и иметь хорошее сцепление с почвой. Но мощный «тягач» больше весит, а значит сильнее разрушает структуру почвы и сильно уплотняет ее. Чтобы этого избежать, он должен быть легким. Конструктор сталкивается с необходимостью преодолеть противоречие – «тягач» должен быть тяжелым и легким.

В первом случае мы сразу сталкиваемся с тем же противоречием: если уменьшить – вес трактора, то давление на почву уменьшится, но также ухудшатся его тягово–сцепные свойства. Поэтому, чтобы сохранить тягово–сцепные свойства на уровне, необходимом для выполнения агротехнических операций, приходится использовать большие грунтозацепы и увеличивать

площадь контакта колес с почвой. Это достигается за счет спаривания и страивания передних и задних колес, установки колес с широкопрофильными и арочными шинами, снижения давления воздуха в шинах.

Применение спаренных шин снижает удельное давление на почву, что в 1,5-2 раза уменьшает степень уплотнения по следу трактора, повышает проходимость агрегатов при повышенной влажности и увеличивает их тяговое усилие. Это особенно важно в ранние сроки проведения весенне-полевых работ при высоком содержании почвенной влаги.

Уменьшить давление колеса на почву можно, увеличив пятно контакта и равномерно распределив давление. Этого можно достичь, снизив давление в колесе.

Снизить давление трактора на почву и увеличить его тяговые характеристики можно, если вместо колес использовать металлические гусеницы.

Но металлическая гусеница тоже не решает всех проблем, у нее есть свои недостатки:

- разрушает покрытия дорог при переезде с одного поля на другое;

- передает вибрации от двигателей и механизмов почве, от чего она сильно уплотняется;

- неравномерно распределяет давление по пятну контакта с грунтом – это вызвано тем, что вертикальная нагрузка от каждого катка передается на грунт практически через один трак и в результате статические давления в зоне контакта гусеницы возрастают в несколько раз.

Чтобы защитить покрытия дорог от разрушения и снизить влияние вибрации на почву, было предложено сделать гусеницу резиновой. Она более равномерно распределяет давление по опорной поверхности, что уменьшает деформацию, уплотнение и разрушение почвы.

Современные тракторы оснащаются литыми резинометаллическими гусеницами с автоматическим натяжением. Они обеспечивают высокую тягу при работе на грязи и рыхлой почве, а плотный контакт с поверхностью обеспечивает устойчивость трактора.

Чтобы еще уменьшить давление на почву и сделать его более равномерным, было предложено объединить хорошее поглощение вибрации пневматическим колесом с большой площадью контакта у гусеницы. Получилась резиновая пневматическая гусеница.

Резиновая пневматическая гусеница состоит из отдельных пневмоэлементов. Каждый пневматический элемент представляет собой резино–кордную оболочку, наполненную воздухом и состоящую из силового пояса, армированного металлокордом, и пневматического баллона с развитой опорной поверхностью с грунтозацепами. Подкачка воздуха в элемент в процессе эксплуатации и контроль давления воздуха осуществляются через стандартный вентиль, устанавливаемый в каждый элемент. Величина внутреннего давления воздуха по допустимым величинам вертикальных прогибов находится для разных машин в диапазоне 1,5–2,2 кгс/см².

Резино-пневматическая гусеничная лента была испытана в нескольких вариантах на гусеничных снегоболотоходах и сельскохозяйственных тракторах.

Исследования показали, что пневматическая гусеница по сравнению с металлической обладает рядом существенных преимуществ:

1) Значительно более равномерная эпюра давления движителя на полотно пути.

2) Меньшее повреждение и уплотнение почвы.

3) Тяговое усилие машины на пневмогусеницах увеличивается в 1,4– 1/8 раза.

4) Сопротивление движению машины на пневмогусеницах при движении по слабым грунтам уменьшается в 1,2–1,5 раза.

5) Применение пневмогусеницы позволяет машине передвигаться по дорогам с усовершенствованным покрытием без его повреждения.

Однако и у пневматической гусеницы есть недостатки:

а) по сравнению с металлической гусеницей:

- возможность проколов;

- низкие тяговые качества на скользких покрытиях;

- чувствительность к низким температурам воздуха;

- низкая ремонтпригодность;

б) по сравнению с автомобильным колесом:

- более сложная конструкция движителя;

- высокие потери мощности при перемещении по твердым дорогам;

-относительно низкий срок службы ходовой части.

Сегодня пневматические гусеницы нашли применение на тихоходных машинах, предназначенных для работы на топких грунтах снегоболотоходы, вездеходы, экскаваторы.

Изобретатели стремятся объять необъятное: до невозможной степени увеличить площадь контакта опорных поверхностей трактора с землей и снизить тем самым давление на нее.

«В идеале» эту задачу можно решить двумя путями:

- либо создать что-то очень близкое настоящей живой гусенице;
- либо вовсе отказаться от опоры.

Безопорный трактор на воздушной подушке еще не получил официального, всеми признанного названия. В Польше, например, его окрестили «воздушковец», во Франции – «агроплан». Применяют подобные машины и в США, и у нас, и в ряде других стран. Пока только в экспериментальных целях. Но результаты уже вполне солидны.

Польский воздушковец, например, на операциях химической защиты растений движется над полем с недостижимой для обычных тракторов скоростью – 50 км/час.

Французский агроплан по обычным дорогам едет на обычных колесах; воздушная подушка включается только по необходимости – над болотом, например. В последнем случае агроплан весом в три тонны (вместе с грузом) развивает скорость до 20 км/час.

Что касается копирования способа движения «настоящей» гусеницы, то здесь пока нечем хвастаться. Конструкции, рождающиеся на чертежных столах и в экспериментальных цехах заводов, слишком сложны, чтобы конкурировать с традиционным тракторным двигателем»

Тема 8 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Снизить уплотнение почвы колесами машин можно, если упорядоченное движение машин по полям, например, двигаться по постоянным технологическим колеям.

Постоянные колеи.

«Давление на почву ног человека и лошади и нынче, и 100 лет назад было одним и тем же – куда большим, чем у трактора и «шлейфа» машин к ней. И, тем не менее, оптимистический прогноз не оправдался: механический сельскохозяйственный привод увеличил интенсивность и часть воздействия на землю. Сейчас, когда следы от тракторов, комбайнов, самоходных машин и автомобилей перекрывают практически 100% посев площади, проблема уплотнения стала особенно серьезной»

Считают, что решить проблему уплотнения почвы можно, если снизить среднее удельное давление колес на почву до $0,15 \text{ кг/см}^2$. Пока что сделать это, не используя гигантских и не всегда удобных шин, не удастся. Поэтому многие фермеры предпочитают «пробивать» на своих полях «постоянные колеи» и двигаться только по ним, не затрагивая остальную землю.

Земледелие с использованием постоянной технологической колеи или, как его называют зарубежные исследователи, управляемым движением по полю (Controlled Traffic Farming – CTF) – это отделение зон движения от зон возделывания растений. На практике это означает, что:

- одни и те же колесные колеи используются для обработки почвы посадки растений, опрыскивания и уборки;
- колеса всех тракторов и машин установлены на одну и ту же ширину колеи.

У большинства фермеров, которые не используют движение техники по постоянным колеям, ширины колеи машин разные и двигаются они по полю в разных направлениях, что приводит к покрытию следами колес более 80% площади поля.

Сравнение основано на 3-х метровой ширине колеи машин. Ширина захвата уборочного комбайна, опрыскивателя и культиватора кратным 3 метрам и в данном случае составляют 9 метров. Возможно использование большего оборудования, например, 15-ти метрового опрыскивателя.

Переход к технологии *no-till*, при которой используется меньше агротехнических операций а, следовательно, и требуется меньше проходов техники по полям, сокращает площадь следов машин на поле до 46 %. Использование постоянной технологической колеи и настройка ширины колеи у всех машин на один размер позволяет сократить площадь следов по полю до 14%.

В Австралии примерно 1 млн. гектаров обрабатывается с использованием технологии управляемого движения по полям .

Вот что говорит об использовании технологической колеи специалист вопросам уплотнения почв из Австралии Рохан Рэйнбоу: «На самом деле проблема уплотнения почвы очень проста, и решить ее не сложно, важно понять главное: выбор техники никакой существенной роли в этом вопросе не играет. Все зависит от того, как вы располагаете машину на поле как она перемещается по нему.

Идеальное расположение трактора – когда два колеса находятся на расстоянии 2-3-х метров от его центральной оси и перемещаются по одной колее. То же касается и остальной техники, движущейся

по полю, колеса должны идти «след в след» по единственной колее.

Кажется очень легко, но очень многие фермеры ставят колеса в разные места и, как следствие, возникают проблемы. Есть еще одна тонкая важная деталь, чтобы распылитель был в несколько раз шире, чем сеялка таких размеров стоит подбирать и комбайн. Хочу подчеркнуть

уплотнение почвы – это проблема фермеров, а не техники, важно просто понять это и действовать»

Система земледелия с постоянной технологической колеей обладает следующими преимуществами:

- ниже стоимость выполнения агротехнических операций из-за уменьшения потребления топлива, затрат времени и труда, экономии в семенах, опрыскивании и удобрении, 10–25% экономии может быть получено сразу;

- меньше эрозия почвы, и она лучше удерживает влагу, обеспечивается правильно выбранным направлением рядов;

- позволяет, проводить междурядную посадку растений, их культивацию подкормку удобрениями;

- сочетается с нулевой обработкой почвы и дает возможность получения максимальную прибыль от нее;

- улучшает управление точными сельскохозяйственными орудиями и системами;

- выше производительность.

Даже во время культивации можно ожидать 50%-ной экономии топлива использования постоянной технологической колеи. Потери урожая незасаженных колей зависят от расстояния между ними. Но урожайность «нетоптанных» площадях выше.

Комбайн, модифицированный под систему земледелия с технологической колеей, движется быстрее, чем по обычному полю, и, имея лучшее сцепление с почвой, потребляет меньше топлива.

Можно еще больше снизить площадь покрытия поля следами колес, если увеличить расстояние между технологическими колеей.

Мостовой трактор.

История мостового (портального) трактора началась в 1855 году, когда англичанин Александр Халкотт создал портальную машину на рельсах которой он видел средство применения энергии пара для сельскохозяйственных операций. Но серьезные работы по исследованию таких машин начались только через 100 лет и особенно активизировала последние два десятилетия.

Разработкой портальных тракторов занимались в США, Великобритании, Швеции, Голландии, Израиле, Японии, Австралии. В СССР тоже проводили подобные работы, упор делался на использование машин с электроприводом как на поле, так и в теплицах, а машины с гидравлическим приводом применялись для полива и внесения химикатов.

В 1975 году свой первый мостовой трактор построил Дэвид Доулер. Четырехколесный трактор с пролетом 12 метров и поворотными колесами обеспечивающими ему высокую маневренность. Мостовой трактор передвигается по постоянным колеем, расположенным на расстоянии равном его пролету. Движение трактора в продольном направлении обеспечивается поворотом главных ведущих колес на 90 градусов.

Исследования, проведенные в Австралии и Великобритании с мостовым трактором Доулера, движущимся по технологическим колеем, показали, что стоимость посева культур снижается на 40%, экономия энергии при обработке почвы достигает 55%, значительно улучшается качество обработки и структура почвы.

Мостовой трактор Доулера, управляемый системой лазерного наведения используется также в Голландии для выполнения высокоточных полевых операций.

Внедрение мостовых тракторов приносит следующие выгоды:

- минимизируются потери площади из-за прохождения техники;
- автоматизируется выполнение агротехнических операций;
- достигается высокая точность позиционирования орудий;
- снижается повреждение урожая;
- улучшается обработка почвы.

Однако пока имеется мало данных об урожаях культур на больших площадях, где постоянно поддерживался режим движения техники технологическим колеям.

Длина пролёта мостового трактора может быть от 3 до 21 метров, определяется особенностями выращиваемой культуры, ограничениями размеры транспортных средств и стоимостью. В Израиле с 1996 г эксплуатируется трактор с шириной пролёта 5,8 метра и высотой дорожки просвета 1,8 метра с четырьмя ведущими колесами.

Чем длиннее пролет мостового трактора, тем больше требуется площади по краю поля для его разворота. Чтобы начать эксплуатацию мостового трактора, следует предварительно выровнять почву.

Тяговое усилие у мостового трактора низкое, и его выгодно применять при технологии no-till, где нет таких энергоёмких операций, как отвальная вспашка почвы. Минимальная энерговооружённость мостового трактор приводом на два колеса должна быть 15 кВт/т. Смещение нагрузки к центральной линии трактора не влияет на стабильность его управления наличием достаточного тягового усилия на колесах.

При работе на мостовых тракторах водителю должна быть обеспечена хорошая видимость колеи. Должны быть предусмотрены: средство управления машиной в продольном направлении, ограниченное выступание частей машины за пределы колеи, устройством обеспечения различной скорости вращения колес.

Опыт применения мостовых тракторов в зерновых хозяйствах, показал, что они могут быть использованы в качестве замены или дополнения существующим тракторным системам и приводят к повышению урожайности зерновых на 7%.

Если еще больше увеличить длину пролёта мостового трактора, то получим стационарный агротехнический мост.

Мостовой агротехнический комплекс.

В свое время проекты мостового земледелия предлагали англичан Халкотт, наши соотечественники М. Правоторов, К. Борин, поляк Б. Свец и др.

Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс (АМАК) – это самоходный завод, а АМАК – система – это сельскохозяйственное автоматизированное и полностью электрифицированное предприятие предназначенное для массового гарантированного производства продукции земледелия на больших окультуренных угодьях равнинного типа.

При производстве одинакового по количеству и качеству целевого продукта (зерна, овощей, кормовых культур и т. п.), АМАК-система будет потреблять существенно меньше ресурсов, совсем не будет загрязнять окружающую среду и улучшит качество земли.

В 1,5 раза меньше понадобится семян, воды и площади активных угодий за счет повышения урожайности, ведь не будет переуплотнения почвы ходовыми частями тракторов, комбайнов, автомобилей и прицепленных агрегатов.

Капитальные вложения чтобы построить первую опытную АМАК-систему.

Тут все зависит от цели. Если цель – убедиться в ее работоспособности, ограничиться ста гектарами активного угодья, достаточно 50–100 мил рублей. Если цель – убедиться в ее эффективности по сравнению с тракторной и получать, 1–2 миллиона тонн зерна ежегодно необходимо 1-2 млрд рублей» (в ценах 1990 года)

Преимущества агромостового комплекса:

1. своевременное выполнение агротехнических мероприятий независимо от погодных условий и времени суток (в срок);
2. ...программирование урожаев с их повышением до максимального биологического предела за счет координатного посева (посадки и ухода за растениями, обеспечивающих возможность устранения пестроты плодородия почвы и оперативной локализации очагов поражения посевов болезнями и вредителями.

Шагающие орудия.

Прототипом шагающей машины, опирающейся на постоянные технологические площадки на поле, может служить робот-паук, построенный финским филиалом компании John Deere для лесного хозяйства.

Робот-паук оснащен шестью ногами сменными подошвами и может равномерно распределять вес между ними. Робот минимизирует травмирование лесной почвы и разрушение корней деревьев при расчистке и вырубке леса.

ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Охрана окружающей среды. Учебник для технических специальностей вузов. Под ред. С.В. Белова. Изд. 2-е, испр. и доп. М., Высш. шк., 1991.
2. Курс инженерной экологии. Учебник для технических специальностей вузов. Под редакцией И.И. Мазура-. М., Высш. шк., 1999
3. Охрана окружающей природной среды. Под ред. Г.В. Дуганова. К., Вища школа, 1980.
4. Мазуе, М.Г. Фильтры для улавливания промышленных пылей/ М.Г. Мазуе, А.Д.Малыгин, М.Л.Моргулис – М., Машиностроение, 1985.
5. Жуков, А.И., Методы очистки производственных сточных вод/ А.И.Жуков, И.Л.Монгайт, И.Д.Родзиллер – М., Стройиздат, 1977.
6. Лапшев, Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод/ Н.Н. Лапшев – М., Стройиздат, 1977.
7. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский – Ростов на Дону.изд. Феникс 2000г.

Дополнительная литература.

1. Булгакова, Н.Г. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистительных установок на предприятиях машиностроения / Н.Г. Булгакова и др.– М., Машиностроение, 1984.
2. Ласкорин, Б.Н. Безотходная технология в промышленности / Б.Н. Ласкорин и др.– М., Стройиздат, 1986.
3. Рамад, Р. Основы прикладной экологии / Р. Рамад – Л., Гидрометеиздат, 1981.
4. Рамм, В.М. Абеорбция газов / В.М. Рамм – М., Химия, 1976.
5. Сборник методик по определению канцерогенных загрязнений веществ в промышленных выбросах. Часть 1. М., Гидрометеиздат, 1984.
6. Охрана окружающей среды. Справочник. Под ред. Шарикова Л.П. Л., Судостроение, 1978.

Голопятин Александр Владимирович
Миренков Владимир Викторович

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций
для студентов специальности 1-36 12 01
«Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 20.11.13.

Рег. № 15Е.
<http://www.gstu.by>