

УДК 674.047:551.588.74

UDC 674.047:551.588.74

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ФУРФУРОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ СУШКЕ  
ДРЕВЕСИНЫ БУКА И ДУБА**

**INVESTIGATION OF FURFURAL AND  
FORMALDEHYDE INFLUENCE ON  
ENVIRONMENT DURING DRYING OF BEECH  
AND OAK WOOD**

Михайлова Юлия Сергеевна  
аспирант

Mikhaylova Yulia Sergeevna  
postgraduate student

Платонов Алексей Дмитриевич  
д. т. н., доцент  
*Воронежская государственная лесотехническая  
академия, Воронеж, Россия*

Platonov Aleksey Dmitrievich  
Dr.Sci.Tech., associate professor  
*Voronezh State Academy of Forestry and  
Technologies, Voronezh, Russia*

Статья посвящена повышению экологической  
безопасности сушильных участков  
деревообрабатывающих производств

The article is devoted to improvement of environmen-  
tal safety of drying sections of wood processing indus-  
tries

Ключевые слова: ДРЕВЕСИНА, РЕЖИМ СУШКИ,  
ОТРАБОТАННЫЙ АГЕНТ СУШКИ,  
ФУРФУРОЛ, ФОРМАЛЬДЕГИД,  
КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ПРИЗЕМНАЯ  
КОНЦЕНТРАЦИЯ, САНИТАРНАЯ ЗОНА

Keywords: WOOD, DRYING MODE, WASTE  
DRYING AGENT, FURFURAL,  
FORMALDEHYDE, CLIMATIC CONDITIONS,  
GROUND CONCENTRATION, SANITARY ZONE

В процессе сушки из древесины удаляется влага, а вместе с ней и большое количество различных химических соединений растворенных в ней. В состав экстрагируемых веществ входят и вредные для человека вещества, однако фундаментальных исследований на данную тему не проводилось. Количественный и качественный состав экстрагируемых веществ из древесины во многом определяется температурой среды, влажностью древесины и формой удаляемой влаги.

Оценка состава отработанного агента сушки показала, что наибольшую опасность для окружающей среды и человека представляют вещества, экстрагируемые водой из древесины лиственных пород. В количественном и качественном отношении можно выделить фурфурол, относящийся к третьему классу опасных веществ и являющийся продуктом деструкции пентозанов, а также в меньших количествах формальдегид – относящийся ко второму классу. Данные вещества обладают суммационным эффектом, то есть при одновременном присутствии совместно с ацетоном

и фенолом, которые в незначительных количествах также экстрагируются из древесины, их воздействие на окружающую среду уже будет совместным, а концентрации должны суммироваться.

Конструкции большинства сушильных камер предусматривают удаление испаряемой влаги и растворенных в ней веществ с отработанным агентом сушки. Поэтому представляет определенный практический интерес установление характера и степени воздействия фурфурола и формальдегида на окружающую среду.

Количественная оценка фурфурола и формальдегида в отработанном агенте сушки была определена в производственных условиях на ЗАО «Рассвет» и ООО «Юглеспром», при сушке древесины бука и дуба. На данных предприятиях эксплуатируются однотипные по конструкции сушильные камеры емкостью 50 м<sup>3</sup>. Сушка древесины проводилась режимами, принятыми на предприятии, которые отличаются пониженной температурой на 5 °С и меньшей жесткостью на 1,5 °С на первой ступени по сравнению с рекомендованными РТМ [1]. Структура, содержание и изложение методики измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны выполнено в соответствии требованиями ГОСТ 12.1.016-79, ГОСТ 8.010-90.

Рассмотрим характер рассеивания в атмосфере фурфурола и формальдегида, выбрасываемых с отработанным агентом сушки из одной сушильной камеры в летний и зимний периоды при опасной и неблагоприятной скорости ветра, представленный на рисунках 1-4.

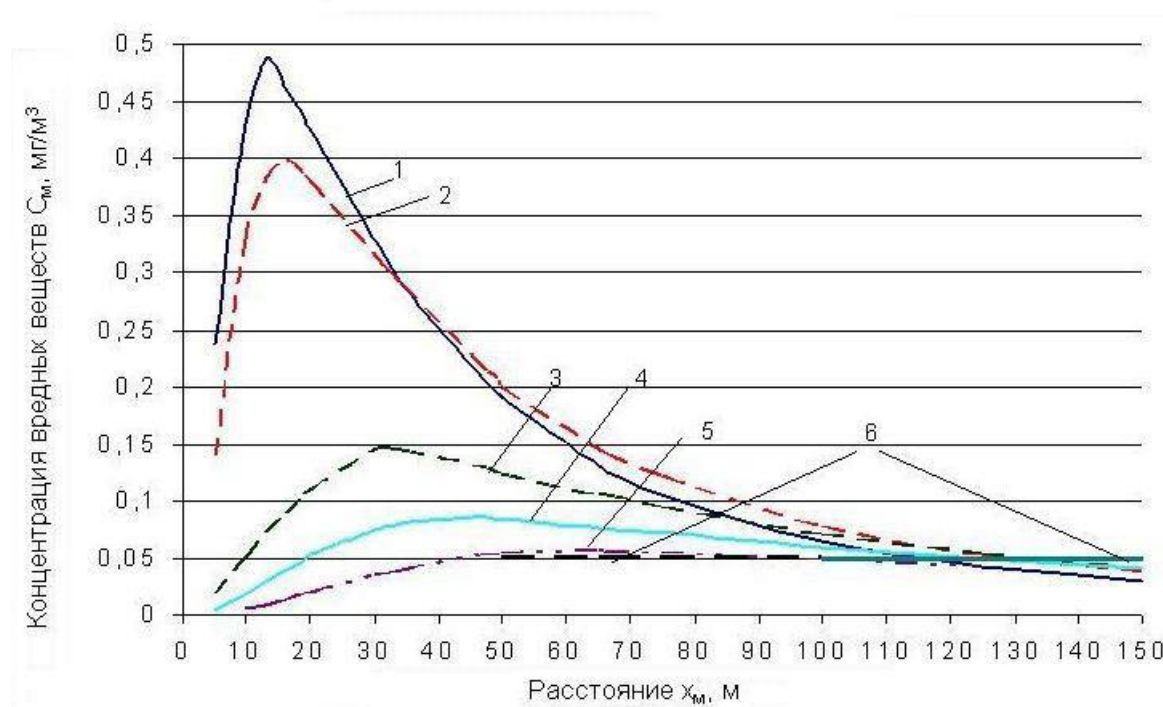


Рисунок 1. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины бука в летний период при различной скорости ветра:

1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,6 м/с; 2, 3, 4, 5 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 1 м/с, 3 м/с, 5 м/с, 7,5 м/с; 6 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Максимальные значения приземной концентрации, достигаются при опасной скорости ветра (когда наблюдается интенсивный вертикальный турбулентный обмен и др.), которая обычно не превышает 1 м/с, на высоте флюгера 10 м. При других неблагоприятных значениях скорости ветра, как правило свыше 1 м/с, происходит более активное перемешивание воздушных масс в приземной части (на высоте 1,5...2,5 м от поверхности земли), что в свою очередь существенно уменьшает значения приземной концентрации, при этом пик максимальных значений удаляется от сушильной камеры.

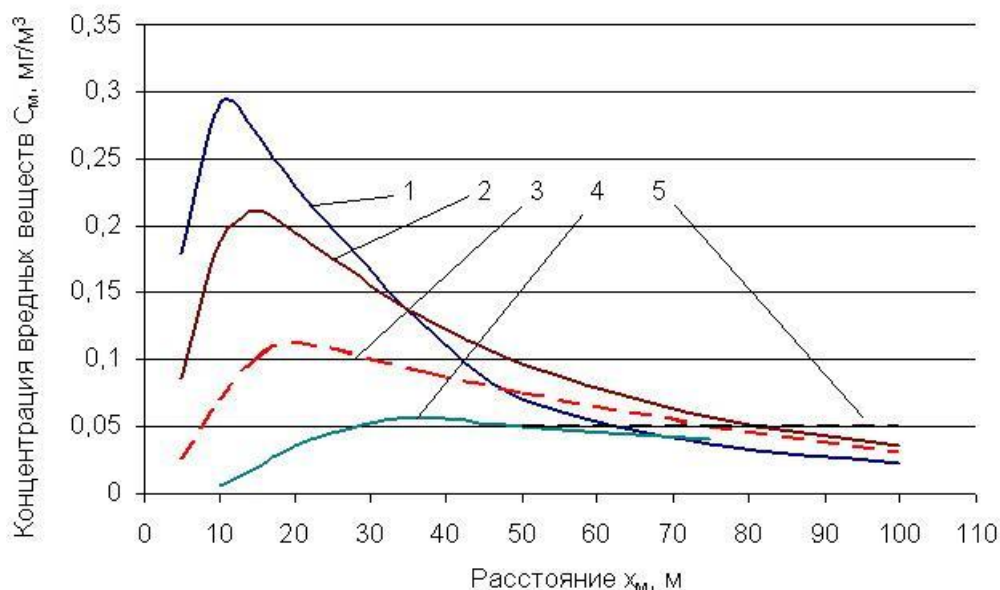


Рисунок 2. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины дуба в летний период при различной скорости ветра:

1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,24 м/с; 2, 3, 4 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 0,5 м/с, 1 м/с, 2 м/с; 5 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Анализ кривых представленных на рисунках 1-2 показывает, что при сушке древесины бука и дуба в летний при опасной и неблагоприятной скорости ветра до 7,5 м/с во всех случаях концентрация фурфурола и формальдегида превышает ПДК на границе санитарной зоны для столярно-плотничных и мебельных предприятий равной 50 м, а для бука и санитарную зону для лесопильных предприятий – 100 м.

Характер рассеивания этих веществ в атмосфере в холодный, зимний период года при температуре окружающего воздуха минус 20 °С, представлен на рисунках 3-4.

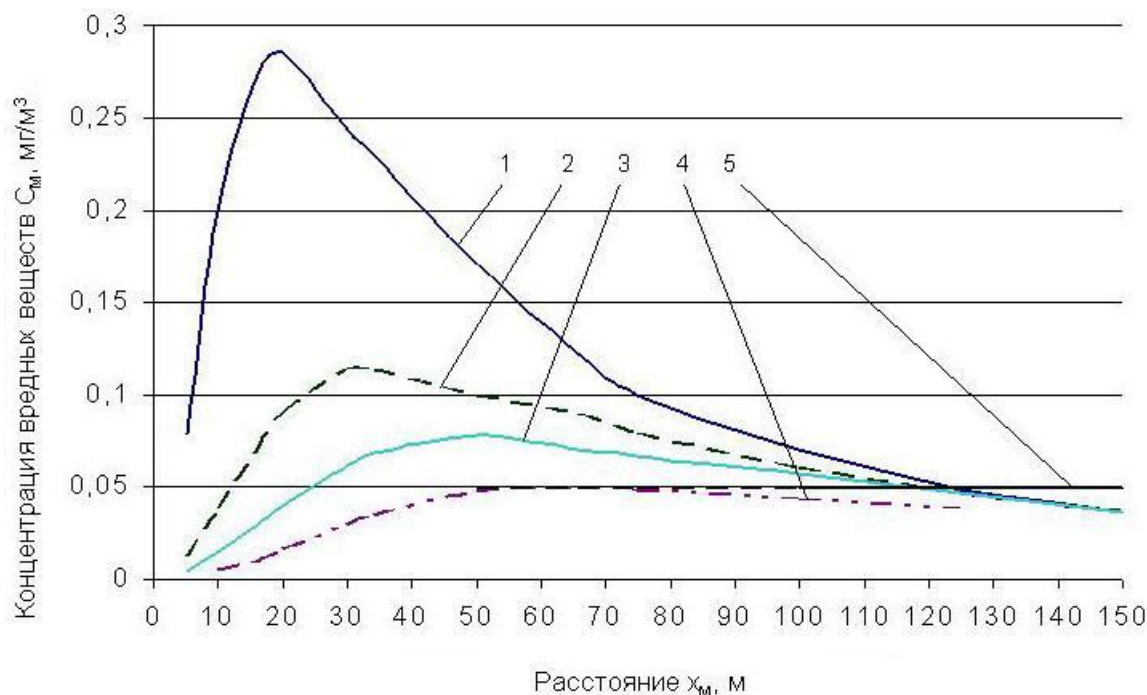


Рисунок 3. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида в зимний период при различной скорости ветра при сушке древесины бука:

1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,85 м/с; 2, 3, 4 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 3 м/с, 5 м/с, 7,5 м/с; 5 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Анализ этих кривых показывает, что при отрицательной температуре окружающего воздуха в зимний период года происходит понижение максимальных значений приземной концентрации вредных веществ. Как показали результаты исследований, величина этого снижения во многом зависит от температуры окружающего воздуха. По сравнению с теплым периодом года снижение приземной концентрации составило около 1,7 раза при прочих равных условиях.

Снижение приземной концентрации в холодное время года (при температуре окружающего воздуха меньше +10 °С) увеличением перепада температуры отработанного агента сушки и температуры окружающего воздуха. Этот перепад повышает рассеивающую способность атмосферы,

тем самым существенно снижает величину приземной концентрации и несколько уменьшает степень воздействия на окружающую среду отработанного агента сушки.

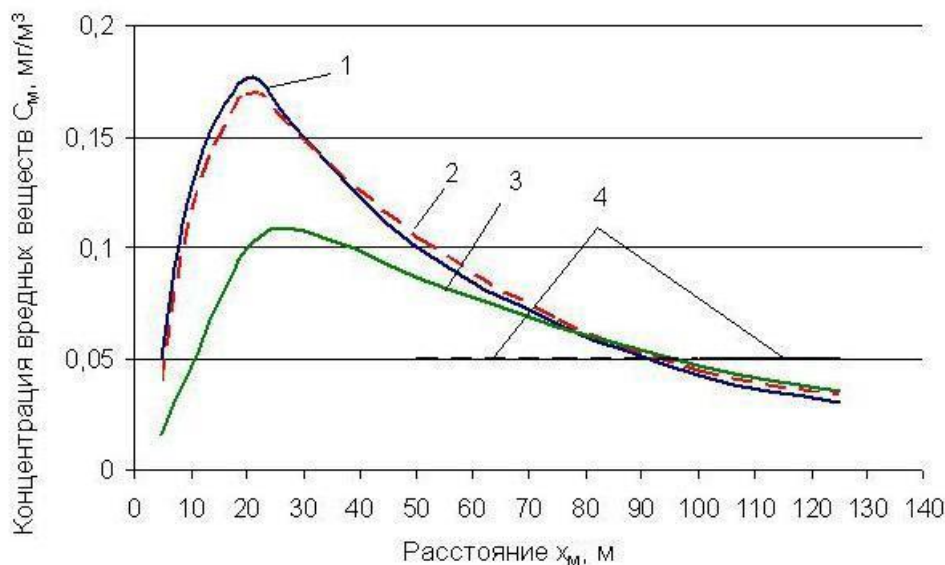


Рисунок 4. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида в зимний период при сушке древесины дуба при различной скорости ветра:

1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,8 м/с; 2, 3 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 1 м/с, 2 м/с; 5 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Если температура с высотой падает, то создаются условия для интенсивного турбулентного обмена. Чаще всего неустойчивое состояние атмосферы наблюдается летом в дневное время. При таких условиях у земной поверхности отмечаются большие концентрации и возможны значительные колебания их со временем. Что наглядно показывают результаты выполненных исследований.

Рассеивающая способность атмосферы зависит не только от вертикального распределения температуры, но и скорости ветра. Скорость ветра способствует переносу и рассеиванию примесей, так как с усилением ветра возрастает интенсивность перемешивания воздушных слоев. Подъем при-

меси особенно значителен при нагретых выбросах. Что характерно для выбросов отработанного агента из сушильной камеры. Этим можно объяснить и существенное снижение максимальных значений приземной концентрации вредных веществ в приземном слое в холодное время года. Так величина суммационной приземной концентрации на отметке 50 м незначительно меньше, чем в летний период. На отметке 100 м понижение концентрации веществ в атмосферном воздухе уже более заметно.

Неустойчивость направления ветра также способствует усилению рассеивания по горизонтали, и концентрация у земли уменьшается.

Определенное негативное влияние на приземную концентрацию оказывает солнечная радиация. Отмеченные в последнее время климатические изменения в большинстве регионов нашей страны только усиливают воздействие выбросов на окружающую среду. Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере и формирование вторичных продуктов, обладающих часто более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов. Поэтому в результате фотохимического эффекта в ясные солнечные дни в загрязненном воздухе формируется фотохимический смог. Смог также формируется и при туманах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при постоянных объемах и составах промышленных выбросов в результате влияния метеорологических условий уровни загрязнения воздуха могут различаться в несколько раз. В связи с этим при оценке работы сушильных участков необходимо учитывать информацию о климатических условиях распространения примесей в атмосфере.

Как показали результаты лабораторных исследований и производственных испытаний значения приземной концентрации, и характер рассеивания в атмосфере фурфурола и формальдегида зависят от их количества в отработанном агенте сушки и во многом определяются условиями протекания процесса сушки древесины (рисунки 5-8).

Согласно рекомендациям РТМ древесину бука и дуба следует высушивать нормальными и форсированными режимами. В производственных условиях пиломатериалы указанных пород обычно высушивают менее жесткими режимами.

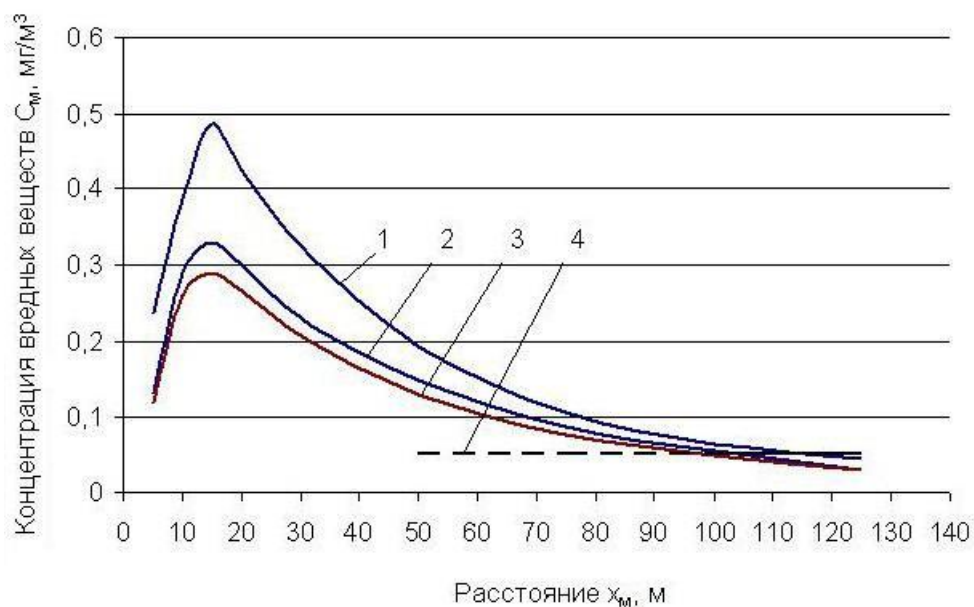


Рисунок 5. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины бука в летний период различными режимами при опасной скорости ветра: 1 – производственный режим; 2 – нормальный режим; 3 – форсированный режим; 4 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

В настоящее время значительная часть деревообрабатывающих предприятий производит процесс сушки древесины бука и дуба режимами, которые отличаются меньшей жесткостью по сравнению с нормативными рекомендованными РТМ. Эти режимы характеризуются и снижением температуры для древесины бука на первой ступени на 12...14 °С, на второй и третьей ступени 14...16 °С от рекомендованной РТМ. Для древесины дуба снижение температуры составляет на первой ступени 10...14 °С, на второй и третьей ступенях 8...15 °С.



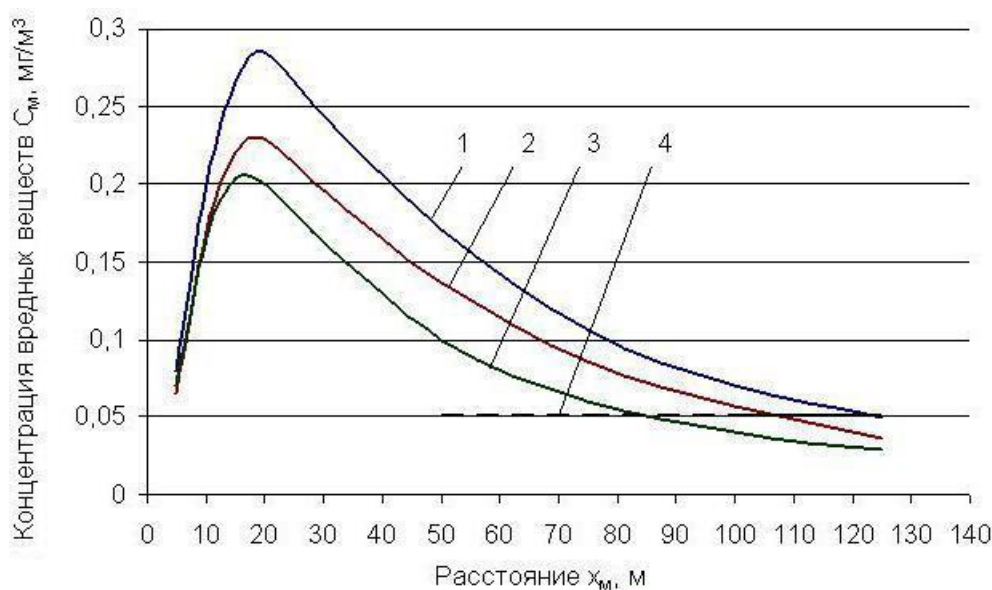


Рисунок 6. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины бука в зимний период различными режимами при опасной скорости ветра: 1 – производственный режим I; 2 – нормальный режим; 3 – форсированный режим; 4 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Уменьшение жесткости применяемых режимов  $\Delta t$  на 1,5-2,0 % и снижение температуры агента сушки, безусловно, отражается на продолжительности процесса сушки [3]. При этом общая продолжительность процесса сушки древесины бука превышает рекомендованную РТМ на 30 %. При сушке древесины дуба были проанализированы два режима применяемых на некоторых деревообрабатывающих предприятиях. Продолжительность сушки первым (I) режимом превышает рекомендованную РТМ в 2...2,2 раза, а вторым (II) – в 3,0...3,3 раза. В лабораторных и производственных условиях были исследованы выбросы фурфурола и формальдегида при сушке древесины бука и дуба режимами, рекомендованными РТМ, а также режимами, применяемыми на ряде предприятий.

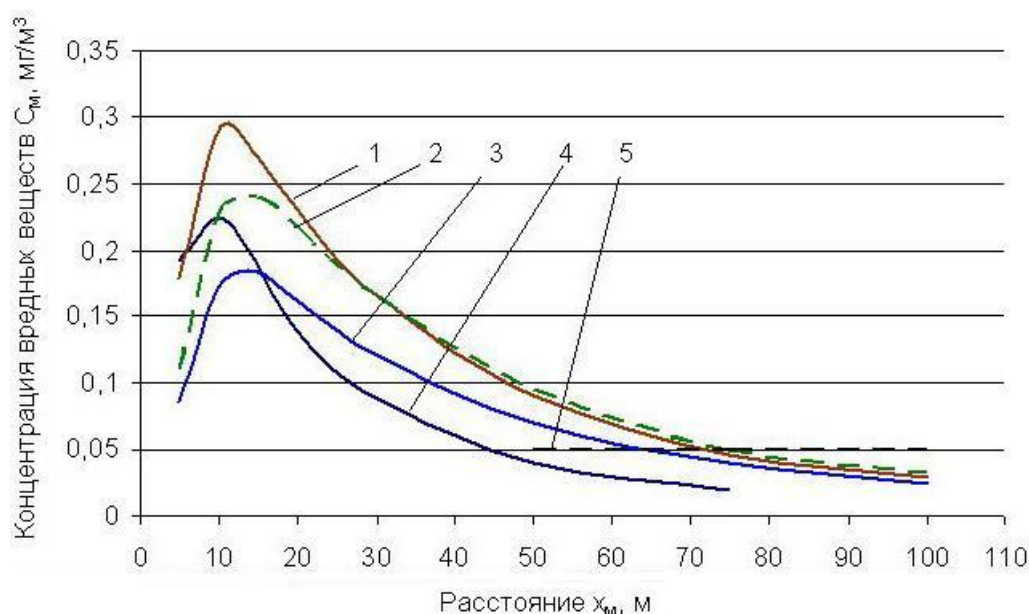


Рисунок 7. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины дуба в летний период различными режимами при опасной скорости ветра: 1 – производственный режим I; 2 – нормальный режим; 3 – форсированный режим; 4 – производственный режим II; 5 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

Анализ рисунков 5-8 показывает, что наибольшее количество вредных веществ из древесины выделяется при сушке производственными режимами, а наименьшее форсированными. Отмеченный характер выделения вредных веществ вызван тем, что при сушке производственными и мягкими режимами, отличающиеся большей продолжительностью и пониженной температурой, создаются более благоприятные условия для гидролиза и экстракции веществ из древесины (большей составляющей доли перемещаемой влаги в виде жидкости).

Так, по данным [2], чем выше температура и ниже влажность древесины, тем в большем количестве влага перемещается в виде пара. Так при температуре свыше 60 °С, при достижении древесиной влажности соответствующей пределу гигроскопичности, отмечается резкое смещение доли движения влаги в общем потоке в сторону ее движения в виде пара. По-

добное смещение в сторону перемещения влаги в виде пара будет способствовать и резкому снижению содержания количества водорастворимых веществ удаляемых из древесины с влагой, но увеличивать количество веществ удаляемых с паром.

Повышение температуры сушильного агента незначительно понижает концентрацию веществ в газах. Поэтому при сушке древесины форсированными режимами концентрация веществ в отработанном агенте сушке будет меньше при прочих равных условиях.

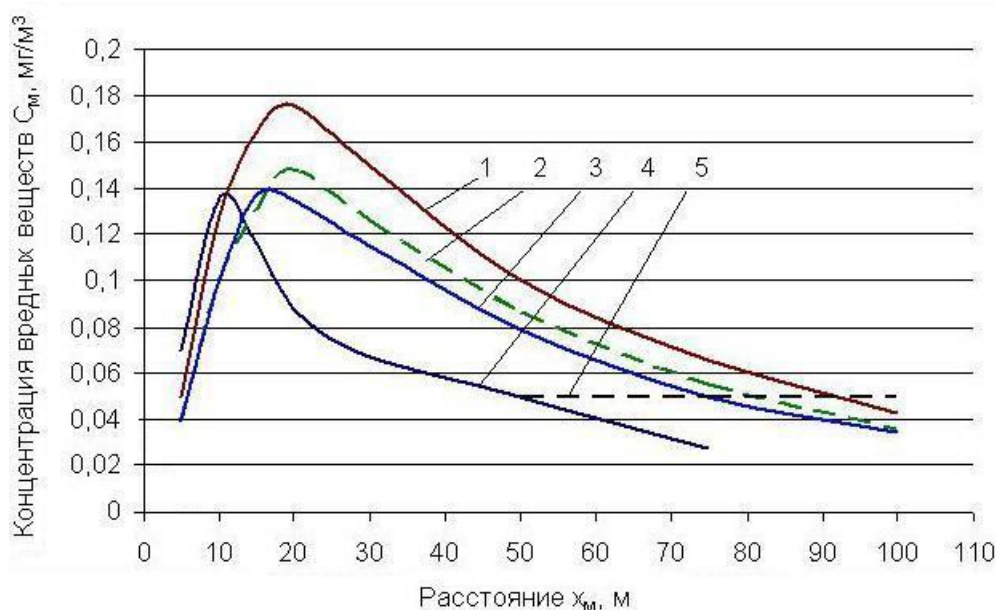


Рисунок 8. Кривые рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины дуба в зимний период различными режимами при опасной скорости ветра: 1 – производственный режим I; 2 – нормальный режим; 3 – форсированный режим; 4 – производственный режим II; 5 – ПДК<sub>м.р.</sub> по фурфуролу для жилой зоны

При сушке древесины бука и дуба нормальными и форсированными режимами отмечено снижение значений приземной концентрации вредных веществ, по сравнению с мягкими и производственными режимами. При этом значения максимальной приземной концентрации и характер рассеивания веществ в атмосфере при сушке нормальными и форсированными

режимами отличаются незначительно, как в летний, так и в зимний периоды.

При сушке древесины дуба производственным режимом (I) достигаются максимальные значения приземной концентрации, как в летний, так и в зимний периоды. При сушке вторым производственным режимом (II) значения приземной концентрации сопоставимы с концентрацией при сушке нормальными и форсированными режимами, а зона рассеивания веществ при прочих равных условиях минимальная и на границе санитарной зоны для мебельных предприятий (50 м) не превышает ПДК для жилой зоны.

Анализ кривых рассеивания фурфурола и формальдегида при сушке древесины дуба показывает, что при небольших объемах сушки (до 50 м<sup>3</sup>) количество этих веществ за пределами санитарной зоны не превышает установленных значений ПДК для рабочей и жилой зон согласно ГОСТ 17.2.3.02-78.

Таким образом, можно отметить, что процесс сушки древесины не является экологически чистым. Как показали результаты исследований, в отработанном агенте сушки содержатся вещества, оказывающие негативное влияние на человека и окружающую среду. Установлено, что характер рассеивания этих веществ в атмосферном воздухе в основном зависит от климатических условий и технологических параметров проведения процесса сушки. Отмечено, что даже при небольших объемах сушки концентрация вредных веществ на границе санитарной зоны может превышать значения ПДК, установленные для жилой зоны.

#### **Список использованной литературы**

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины [Текст] / ЦНИИМОД. – Архангельск, 2001. – 132 с.
2. Кришер, О. Научные основы техники сушки [Текст] / О. Кришер. – М., 1961. – 536 с.
3. Серговский, П. С. О механизме движения влаги в древесине при конвективной сушке [Текст] / П. С. Серговский // Деревообаб. и лесохимическая пром-сть. – 1954. – № 2. – С. 3-9.