



УДК 543.544

## Санитарно-химические характеристики композиционных древесных материалов и синтетических смол по данным газовой хроматографии

Хабаров В.Б.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва*

Поступила в редакцию 9.06.2014 г.

В работе приведены результаты санитарно-химической оценки в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла композиционных древесных материалов – фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит на основе синтетических смол методом газовой хроматографии. Фанера, древесностружечные и древесноволокнистые плиты на основе карбамидо-, меламино- и фенолоформальдегидных смол выделяют формальдегид, метанол и фенол, концентрации которых зависят от насыщенности композиционных древесных материалов.

Санитарно-химические исследования в камерах из стекла массива древесины сосны через 6 месяцев кондиционирования образцов в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности  $2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре 20, 40°C и газообмене 1 объём/ч показали, что выделяющиеся концентрации формальдегида составляют  $0.15 \text{ мг}/\text{м}^3$  и  $0.165 \text{ мг}/\text{м}^3$  и превышает ПДК для воздуха жилых помещений в 15-17 раз.

Приведены результаты анализа карбамидоформальдегидных смол методом газовой хроматографии и показано, что в смолах содержится больше метанола в 1.9-2.9 раза и метилала в 1.4 -3.6 раза по сравнению с формальдегидом.

**Ключевые слова:**газовая хроматография, парофазный анализ, сорбенты, фанера, шпон, древесностружечная плита, древесноволокнистая плита, синтетические смолы, формальдегид, метанол, метилаль, фенол.

## Sanitary-chemical characteristics of composite wood-based materials and synthetic resins according to gas chromatography

Khabarov V.B.

*Federal State Budgetary Foundation of Science A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

The article presents the sanitary-chemical characteristics of plywood, wood-shaving plate, wood-fiber plate and synthetic resins. The purpose of the review – definition of sanitary-chemical characteristics of composite wood materials and synthetic resins by gas chromatography.

Determination of sanitary-chemical characteristics of synthetic resins and composite wood materials was studied under simulated operating conditions of the heating chamber by means of gas chromatography. Concentrated volatile organic compounds in the thermostable polymer sorbents – polychrome-3, tseziyorbe and polyphenylchinoxaline. Was used for sample introduction device

organics concentrated on sorbents, the analytical capillary column packed and the method of thermal desorption.

After 6 months of conditioning of samples of solid pine wood with saturation  $2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , a temperature of 20, 40 °C, the gas exchange volume 1/h is allocated formaldehyde at a concentration of  $0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$  and  $0.165 \text{ mg}/\text{m}^3$  and exceeds the maximum permissible concentration in air of residential areas in 15-17 times. Plywood veneer pine based on phenol-formaldehyde resin thickness of 10 mm at saturation  $2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , gas exchange 1 volume/h, temperature 20 and 40 °C highlights above the maximum permissible concentration to formaldehyde is 46 times, methanol – 1.8 times and phenol – 5.7 times. In urea-formaldehyde resin contains more methanol 1.9-2.9 times and matilla 1.4 -3.6 times in comparison with formaldehyde. Given the prediction of excretion of formaldehyde and methanol from the particle Board on the basis of urea-formaldehyde resin, with a thickness of 16 mm, in the chamber of the glass at saturation  $0.4\text{-}2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , a temperature of 20 °C, the gas exchange volume 1/h and it is shown that the achieved selection to concentrations of formaldehyde through 23.4-30.0 months and methanol – 5.2-8.0 months. Prognostication formaldehyde emission and methanol from wood-shaving plate based on urea-formaldehyde resin, 16 mm thick, in the chamber of the glass at saturation  $0.4\text{-}2.2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , a temperature of 20 °C, gas exchange 1 volume/h and it is shown that the selection is achieved to the maximum allowable concentration for formaldehyde by 23.4-30.0 months and methanol – 5.2-8.0 months. Sanitary and epidemiological supervision and development of technologies for production of wood composite materials. To determine the sanitary-chemical characteristics of composite wood materials and synthetic resins, it is advisable to use a gas chromatography method, and the dynamic headspace analysis thermostable polymeric sorbents for concentrating – polychrom-3, tseziysorb and polyphenylchinoxalin.

**Keywords:** gas chromatography, headspace analysis, sorbents, plywood, veneer, wood-shaving plate, wood-fiber plate, synthetic pitches, synthetic resin, formaldehyde, methanol, methylal, phenol.

## Введение

Развитие производства и применение композиционных древесных материалов (КДМ) – фанеры, древесностружечных плит (ДСП), древесностружечных плит с ориентированной стружкой (ОСП) и древесноволокнистых плит (ДВП) на основе карбамидо-, меламино- и фенолоформальдегидных (КФ, МФ, ФФ) смол в гражданском и промышленном строительстве, в строительстве объектов транспорта (авиационного, железнодорожного, морского) и для изготовления мебели выдвигают повышенные требования по качественной и количественной

достоверности результатов санитарно-химической оценки КДМ в моделированных и натуральных условиях эксплуатации в соответствии с [1] по формальдегиду, метанолу, фенолу и аммиаку.

Проблемой производства и применения КДМ является:

- не применение методом газовой хроматографии (ГХ) для определения санитарно-химических характеристик фанеры, ДСП, ОСП, ДВП, КФ, МФ и ФФ смол;
- научно необоснованная предельно допустимая концентрация (ПДК) формальдегида  $0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$  для воздуха жилых помещений [2];
- снижение ПДК для воздуха жилых помещений фенола с 0.01 до  $0.003 \text{ mg}/\text{m}^3$  и аммиака с 0.2 до  $0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$  [2, 3, 4];
- стандарты [5-12] для определения выделения и содержания в фанере и ДСП формальдегида спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом не обеспечивает получение достоверных количественных результатов [13];
- ГОСТы не регламентируют содержание метанола и метилаля в КФ и ФФ смолах [14, 15];

– применение камер из нержавеющей стали (марка 12X18H10T содержит: хром 12%, никель 18%, титан 10%, железо 60 %), характеризующейся высокой сорбционной активностью, для моделирования условий эксплуатации при проведении санитарно-химической оценки КДМ [1, 4, 7, 11] не обеспечивает получение достоверных количественных результатов по формальдегиду, метанолу, фенолу и аммиаку [16, 17].

Пределно допустимые концентрации формальдегида, метанола, фенола и аммиака для воздуха жилых помещений

Доказательной базой о научной необоснованности ПДК формальдегида для воздуха жилых помещений являются: 1) результаты санитарно-химической оценки массива древесины сосны и берёзы в моделированных условиях эксплуатации в камерах стекла методом ГХ [16]; 2) использование водного раствора формальдегида для построения градуировочного графика при фотометрическом определении формальдегида в воздухе с ацетилацетоновым реактивом и хромотроповой кислотой.

Не применение метода ГХ и использование водного раствора формальдегида для построения градуировочного графика при определении формальдегида в воздухе привело к ошибочному установлению величины ПДК формальдегида  $0.01 \text{ мг/м}^3$  для воздуха жилых помещений в России. Связано это с тем, что водные растворы формальдегида представляют собой равновесную смесь моногидрата метиленагликоля  $\text{CH}_2(\text{OH})_2$  и ряда гидратированных низкомолекулярных полимеров или полиоксиметиленагликолей с общей формулой  $\text{HO}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ . Состояние равновесия зависит от температуры и концентрации формальдегида в растворе [18].

Экспертная оценка существующих спектрофотометрических методик определения формальдегида показала, что методы определения с хромотроповой кислотой и ацетилацетоном неизбирательны и имеют нижнюю границу определяемых содержаний формальдегида  $0.06 \text{ мг/м}^3$  при заборе  $15 \text{ дм}^3$  анализируемого воздуха. Не отработана методика отбора проб. Не учитывается влияние на результаты анализа сопутствующих метанола, фенола и других токсичных компонентов. Поэтому указанные методики в ряде случаев некорректны и не могут обеспечить достоверных результатов, особенно при концентрации формальдегида в воздухе ниже  $0.06 \text{ мг/м}^3$  [3].

В [16] приведена санитарно-химическая оценка массива сосны и берёзы методом ГХ и показано, что выделение формальдегида из массива древесины сосны через 6 месяцев кондиционирования образцов в моделированных условиях эксплуатации (при насыщенности  $2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре 20, 40°C и газообмене 1 объём/ч) составляет  $0.15 \text{ мг/м}^3$  и  $0.165 \text{ мг/м}^3$  и превышает ПДК формальдегида для воздуха жилых помещений в 15-17 раз и превышает ПДК для воздуха населённых мест в 50-55 раз. Концентрация формальдегида  $0.15 \text{ мг/м}^3$ , выделяющегося из массива древесины сосны в моделированных условиях эксплуатации при температуре 20°C – это и есть ПДК формальдегида для воздуха жилых помещений. Опыт цивилизаций показал, что лучшим материалом для строительства жилья для человека является древесина, которая считается безвредной.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендовала для воздуха замкнутых помещений и атмосферного воздуха ПДК формальдегида  $0.1 \text{ мг/м}^3$ , которая приведена в [19]. Руководство по качеству воздуха в помещениях: Избранные загрязняющие вещества (2011 г.) ВОЗ рекомендует показатели по обеспечению качества воздуха для формальдегида на уровне  $0.1 \text{ мг/м}^3$  [20]. Для контроля этого норматива формальдегида в воздухе используют методики на основе метода ВЭЖХ, которые описаны в [21, 22]. Методики определения формальдегида в воздухе основаны на реакции формальдегида с 2,4-динитрофенилгидразином, нанесённый на

сорбент. Образующийся гидразон экстрагируют с сорбента ацетонитрилом и аликвоту анализируют методом ВЭЖХ с УФ-детектором.

В Германии [23] установлен запрет на использование древесных материалов с покрытием и без него, уровень миграции формальдегида которых в воздушную среду превышает 0.1 ppm (0.124 мг/м<sup>3</sup>). Этот же показатель установлен и в отношении мебели. В странах-членах всемирной торговой организации (ВТО) норматив формальдегида для древесных плит и других полимерсодержащих древесных строительных материалов на уровне 0.124 мг/м<sup>3</sup>.

В методических указаниях по санитарно-гигиеническому контролю полимерных строительных материалов [4] присутствовал список «Допустимые уровни (ДУ) выделения вредных химических веществ из полимерных строительных материалов» [3], который содержал 68 химических соединений. В табл. 1 приведены допустимые уровни выделения химических веществ из полимерных строительных материалов и мебели.

Таблица 1. Допустимые уровни выделения химических веществ из полимерных строительных материалов и мебели

№ п	Наименование веществ	Допустимые уровни, мг/м <sup>3</sup> [3, 4]	Допустимые уровни, мг/м <sup>3</sup> [3]
1	Аммиак	0.2	0.04
2	Метанол	0.5	0.5
3	Метилметакрилат	0.1	0.01
4	Стирол	0.003	0.002
5	Фенол	0.01	0.003
6	Формальдегид	0.01	0.01

В настоящее время ПДК для воздуха жилых помещений формальдегида 0.01 мг/м<sup>3</sup>, фенола 0.003 мг/м<sup>3</sup>, аммиака 0.04 мг/м<sup>3</sup> [2], используемые в своей практике органы Роспотребнадзора приведёт к тому, что все строительные технологии с применением фанеры, ДВП, ОСП и ДСП подлежат запрещению для применения в строительстве.

На сайте Роспотребнадзора и на сайте информационно-справочной системы «Кодекс» и «Техэксперт» не обнаружена информация об отмене главным санитарным врачом России списка «Допустимые уровни выделения вредных химических веществ из полимерных строительных материалов» [3].

Нормативные документы для контроля формальдегида, метанола и фенола, выделяющихся из композиционных древесных материалов

Положения законов Российской Федерации «О техническом регулировании», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Об обеспечении единства измерений», «О стандартизации», «О сертификации» и ГОСТ Р [24] должны выполняться не только независимыми испытательными лабораториями, но и находиться в зоне ответственности производителей КДМ и синтетических смол.

Федеральный закон «О техническом регулировании» регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии и исполнении обязательных требований к продукции по безопасности. Безопасность продукции – состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан.

В [25] приведён сравнительный экспертный анализ нормативных документов по санитарно-химическим характеристикам фанеры, используемой в гражданском

строительстве, объектов транспорта, для изготовления мебели, действующих в странах Евросоюза и России.

В настоящее время страны Евросоюза используют стандарты [5-9] для определения показателей безопасности фанеры, ДСП и ДВП только по формальдегиду спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом. Стандарты [5-9] не предусматривают определение метанола и фенола.

Евросоюзом были приняты стандарты для определения санитарно-химических характеристик фанеры, которые применяют при заключении контрактов на закупку фанеры. Стандарт [5] устанавливает три класса эмиссии формальдегида для фанеры – А, В, С, которые определяются спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [8]. Класс А – до 3.5 мг/м<sup>2</sup>·ч, класс В – 3.5-8.0 мг/м<sup>2</sup>·ч, С – более 8 мг/м<sup>2</sup>·ч. Классы эмиссии формальдегида для фанеры В и С не допустимы для применения в Германии. Стандарт [5] применяется к фанере, ДСП и ДВП на основе КФ и МФ смол. Стандарт [5] не должен применяться к фанере, ДСП и ДВП на основе ФФ смол.

В России для определения показателей безопасности фанеры, ДСП, ДВП по формальдегиду используют титриметрический метод [10], спектрофотометрический метод с ацетилацетоновым реактивом [11, 12] и не контролируют определение метанола и фенола. ГОСТы [10-12] не соответствуют уровню требований стран ВТО и современным требованиям внутреннего рынка.

К действующим стандартам стран Евросоюза для определения формальдегида, выделяющегося из КДМ, спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [5-9], страны-члены ВТО приняли стандарты, которые используют для определения формальдегида в воздухе методом ВЭЖХ с УФ-детектором [21, 22].

В России в области метрологического обеспечения качества и соблюдения требований показателей безопасности КДМ достигнуты определенные положительные результаты после введения в 1996 г. стандарта предприятия газохроматографической методики [26], которая защищена 8-ю авторскими свидетельствами СССР [27-34] и изложена в статьях [35-40].

Целью настоящего обзора является определение санитарно-химических характеристик КДМ и синтетических смол методом ГХ.

## Эксперимент

Методика [26] предназначена для определения:

– методом ГХ формальдегида, метанола, метилала и фенола, выделяющихся из фанеры, ДСП, ОСП и ДВП на основе синтетических смол в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности 0.4-2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20, 40 °С и газообмене 0.5-5.0 объема/ч;

– методом ГХ и парофазного анализа (ПФА) формальдегида, метанола, метилала и фенола в КДМ и синтетических смолах при температуре 80-85 °С;

– методом капиллярной ГХ летучих органических веществ, выделяющихся из КДМ на основе синтетических смол в моделированных условиях эксплуатации.

Измерение концентраций химических веществ – формальдегида, метанола, метилала и фенола, выделяющихся из фанеры, ДСП, ОСП и ДВП проводят в моделированных условиях эксплуатации (мг/м<sup>3</sup>, мг/м<sup>2</sup>·ч) и остаточного содержания химических веществ (мг/100 г, мас. %) в КДМ методом ГХ и динамического ПФА. Определение фенола проводят отдельно от формальдегида, метилала и метанола. Для концентрирования фенола применяют термостойкий пористый полимерный сорбент

полихром-3 [27], который не концентрирует формальдегид, метилаль и метанол при комнатной температуре. Для концентрирования формальдегида и метанола применяют термостойкие пористые полимерные сорбенты полифенилхиноксалин [28] или цезийсорб [29].

Сконцентрированные фенол, формальдегид и метанол из патрона-концентратора вводят в аналитическую колонку методом термической десорбции с помощью устройства, которое исключает непродуваемый объём между иглой патрона-концентратора и мембраной испарителя газового хроматографа [37].

Определение формальдегида, метилаля и метанола в КДМ и КФ смолах [39] проводят методом ГХ и динамического ПФА при температуре 80-85°C путем ввода парогазовой пробы в аналитическую колонку с помощью устройства для ПФА с петлей объёмом 15 см<sup>3</sup> [30].

Определение формальдегида, метилаля и метанола проводят на колонке с полифенилхиноксалином, а фенола на колонке с 2 % полиэтиленгликольадипината (ПЭГА) на полихроме-1 [26].

Для повышения чувствительности определения формальдегида на пламенно-ионизационном детекторе (ПИД) газового хроматографа используют метод реакционной ГХ. Разделённые на аналитической колонке формальдегид, метанол и метилаль конвертируют в метан на катализаторе – никеле Ренея и детектируют ПИД газового хроматографа [26, 31].

Для градуировки ПИД газового хроматографа создают динамическим методом градуировочную смесь метанола и формальдегида. На первом этапе создают градуировочную смесь абсолютного метанола с помощью ампулы из фторопласта Ф-4МБ в потоке азота. На втором этапе поток азота, содержащий метанол, направляют в реактор с катализатором, содержащим 20 % хрома и 80 % никеля, и при температуре 550 °С метанол на 100 % конвертируется в формальдегид без образования побочных органических соединений [31, 35].

Для идентификации летучих органических веществ, выделяющихся из КДМ в моделированных условиях эксплуатации используют стеклянные капиллярные колонки (СКК) с SE-30 и NaCl [32]. Пробу сконцентрированных органических веществ из патрона-концентратора с полифенилхиноксалином вводят в СКК методом термической десорбции с помощью специального устройства, которое исключает криогенное переконцентрирование органических веществ в капиллярной колонке [33, 36, 38].

#### Санитарно-химические характеристики фанеры, ДСП и ДВП на основе карбамидо-, меламино- и фенолоформальдегидных смол

При проведении санитарно-химической оценки КДМ на основе синтетических смол в моделированных условиях в соответствии с требованиями [1, 4], результаты анализа сравнивают с величинами ПДК для воздуха жилых помещений или ДУ [2, 3]. По этим результатам делают заключение о разрешении или запрещении применения КДМ для строительства и внутренней отделки жилых помещений.

Экспериментальные исследования определения методом ГХ [26] санитарно-химических характеристик фанеры, ДСП, ДВП на основе КФ, МФ, ФФ смол и КФ смоле опубликованы в [16, 25, 36-42, 44]. В [25] приведены результаты санитарно-химической оценки фанеры на основе КФ смолы и лигносульфонатов в моделированных условиях эксплуатации в соответствии с [1] методом ГХ [26] и спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [8], а также содержание органических веществ в КФ смоле (табл. 1).

Из табл. 2 следует, что санитарно-химическая оценка фанеры методом ГХ на СКК с SE-30 и NaCl показывает, что результаты зависят от режима сушки шпона и вида теплоносителя. Фанера из шпона берёзы, высушенного в газовой сушилке газами при горении природного газа, выделяет 26 органических веществ и из шпона берёзы, высушенного в газовой сушилке газами при сжигании древесины – 60 органических веществ.

Таблица 2. Результаты санитарно-химической оценки фанеры на основе карбамидоформальдегидной смолы и лигносульфонатов в моделированных условиях эксплуатации [5] при насыщенности  $0.06 \text{ см}^2/\text{см}^3$ , температуре  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  и газообмене 15 объёмов/час в течение 4 ч методом газовой хроматографии [26] и спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [8],  $\text{мг}/\text{м}^2\cdot\text{ч}$

№ п	Наименование образца	<sup>3</sup> Кол-во веществ	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^2\cdot\text{ч}$		
			Методом газовой хроматографии		Спектрофотометрическим методом
			формальдегид / класс эмиссии по формальдегиду	метанол	формальдегид / класс эмиссии по формальдегиду
Комбинат № 1 – фанера из шпона берёзы на основе КФ смолы марки КФ 115-53 и лигносульфонатов. <sup>4</sup> Содержание в КФ смоле (% мас.) лигносульфонатов 5, формальдегида 0.101, метанола 0.19, метилаля 0.145					
1	<sup>1</sup> Фанера ФК, толщина 8 мм	26	3.80 / В	14.8	14.0 / С
2	<sup>1</sup> Фанера ФК, толщина 15 мм	26	5.95 / В	16.9	29.0 / С
Комбинат № 2 – фанера из шпона берёзы на основе КФ смолы марки КФМТ-15 производства ОАО «Акрон». <sup>4</sup> Содержание в КФ смоле (% мас.) формальдегида 0.065, метанола 0.19, метилаля 0.16					
3	<sup>1</sup> Фанера ФК, толщина 9 мм	26	4.02 / В	3.15	9.0 / С
4	<sup>1</sup> Фанера ФК, толщина 18 мм	26	5.00 / В	4.02	11.0 / С
Завод № 3 – фанера из шпона берёзы на основе КФ смолы марки КФЖ					
5	<sup>2</sup> Фанера ФК, толщина 9 мм	60	6.10 / В	5.23	30.0 / С

Примечания: <sup>1</sup>Шпон высушен в газовой сушилке газами, образующимися при сжигании природного газа. <sup>2</sup>Шпон высушен в газовой сушилке газами, образующимися при сжигании древесины. <sup>3</sup>Органические вещества определяли методом ГХ на СКК (85 м x 0,25 мм) с SE-30 и NaCl [32]. Пробы органических веществ из патрона-концентрактора вводили в СКК с методом термической десорбции [33]. <sup>4</sup>Органические вещества в КФ смоле определяли методом ГХ на насадочной колонке с полифенилхиноксалином [26]

Сравнение результатов (табл. 2) фанеры толщиной 8, 9, 15 и 18 мм в моделированных условиях эксплуатации по стандарту [5] показывает, что концентрации выделения формальдегида ( $\text{мг}/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ ), полученные методом ГХ [26], в 2.2-4.9 раза ниже по сравнению с спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [8], то есть стандарт [8] определяет сумму органических веществ, которые ошибочно принимают за формальдегид. Фанера по классу эмиссии формальдегида по стандарту [5] методом ГХ соответствует классу В, а спектрофотометрическим мето-

дом с ацетилацетоновым реактивом [8] соответствует классу С. Стандарты стран Евросоюза [5, 8] занижают сортность фанеры и, соответственно, цены на фанеру.

Из табл. 2 также следует, что в образцах КФ смолы наряду с формальдегидом и метанолом содержится метилаль. В КФ смоле марок КФ 115-53 и КФМТ-15 содержится, соответственно, больше метанола в 1.9 и 2.9 раза и метилаля в 1.4 и 2.5 раза по сравнению с формальдегидом. Метилаль образуется при хранении технических водных растворов формальдегида [18].

Способность метанола предотвращать выпадение полимеров из растворов формальдегида, обусловлена образованием полуацеталей, которые в метанолсодержащих растворах находятся в химическом равновесии с гидратированным формальдегидом [18].

В исследуемых образцах фанеры методом ГХ не обнаружено метилаля, что указывает на его разложение при прессовании фанеры. Образцы фанеры, содержащие в составе КФ смолы и лигносульфонаты, выделяют больше метанола в 4.2-4.7 раза по сравнению с фанерой, не содержащей лигносульфонатов. Связано это с тем, что при прессовании фанеры и кондиционировании испытуемых образцов фанеры при температуре 20 и 60°C лигносульфонаты гидролизуют формали в КФ смоле с образованием формальдегида и метанола, и, по-видимому, формальдегид вступает в реакцию Канниццаро.

Образование формалей происходит в присутствии кислых катализаторов. Эти реакции обратимы и протекают до момента, пока не устанавливается равновесие. Свойства формалей напоминают свойства простых эфиров. Формали обладают высокой химической устойчивостью в нейтральной и щелочных средах, но в присутствии кислот гидролизуются с образованием формальдегида и спирта [18].

В присутствии кислот и воды формальдегид вступает в реакцию Канниццаро, состоящая в окислении одной молекулы формальдегида до муравьиной кислоты и восстановлении другой до метанола [18]. В [39] приведены санитарно-химические характеристики фанеры на основе КФ смолы, шпона берёзы и КФ смоле методом ГХ с помощью устройства для ПФА [30] (табл. 3-5). Для разделения смеси, содержащей формальдегид, метанол, воду, метилаль, использовали полифенилхиноксалин [28].

По графику (рис. 1) зависимости логарифм концентрации формальдегида и метанола ( $lg C$ ), экстрагируемых азотом из фанеры и шпона при температуре 84°C, от время газовой экстракции ( $t$ ) проводили количественный расчёт (табл. 3) [39].

Из графика (рис. 1) следует, что выделение формальдегида и метанола из фанеры от время газовой экстракции ( $t$ ) протекает за счёт испарения и диффузии. Ниспадающие участки зависимости  $lg C$  от  $t$  имеют прямолинейную зависимость и указывает на выделение формальдегида и метанола из фанеры за счёт диффузии. Для веществ выделяющихся за счёт испарения, зависимость  $lg C$  от  $t$  непрямолинейная. Из фанеры толщиной 18 мм выделение метанола протекает преимущественно за счёт испарения, а формальдегида – диффузии.

Сравнение результатов табл. 3 показывает, что при определении методом ГХ с помощью устройства для ПФА, в фанере содержится метанола в 7-8 раз больше по сравнению с формальдегидом. Содержание формальдегида в фанере, определённое методом ГХ, ниже в 3.6-7.4 раза по сравнению с титриметрическим методом по ГОСТ [10]. При определении формальдегида в фанере в соответствии с [10] определяется сумма органических веществ, которую ошибочно принимают за формальдегид.



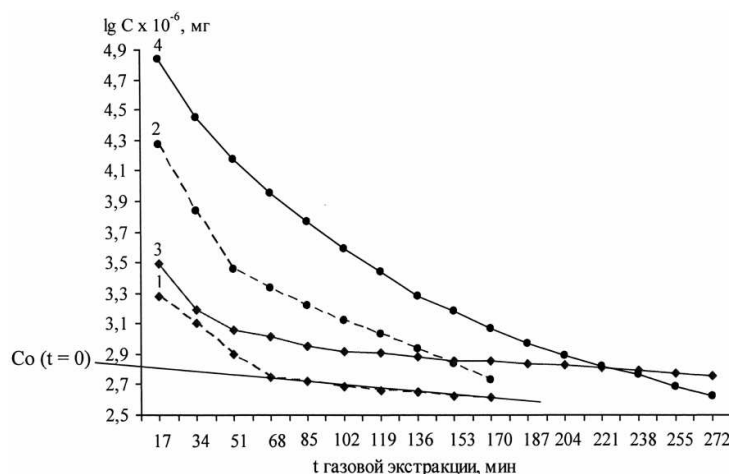


Рис. 1. Зависимость логарифма концентрации формальдегида и метанола, выделяющихся из фанеры при температуре 84 °С, от время газовой экстракции: 1 – формальдегид, 2 – метанол, экстрагируемые азотом из фанеры толщиной 9 мм. 3 – формальдегид, 4 – метанол, экстрагируемые азотом из фанеры толщиной 18 мм. Вес образца измельчённой фанеры 0,4 г. Камера из стекла объёмом 1 см<sup>3</sup>. 7,5 см<sup>3</sup> азота экстрагировали органические вещества из фанеры. Пробу из дозирующей петли объёмом 15 см<sup>3</sup> вводили в аналитическую колонку при расходе газа-носителя азота 280 см<sup>3</sup>/мин

Таблица 3. Результаты определения формальдегида и метанола в шпоне берёзы и фанеры на основе карбамидоформальдегидной смолы КФМТ-15 методом газовой хроматографии с помощью устройства для ПФА, мг/100 г

№ п	Наименование образца	Концентрация, мг/100 г		
		формальдегид	метанол	*формальдегид
1	Фанера, толщина 9 мм, из шпона березы толщиной 1.55 мм, высушенного в газовой сушилке	1.15	7.93	6.0-8.5
2	Фанера, толщина 18 мм, из шпона березы толщиной 1.55 мм, высушенного в газовой сушилке	1.95	16.1	7.0-9.5
3	Шпон березы толщиной 1.55 мм, высушенный в газовой сушилке СРГ-25М	1.08	0.72	-
4	Шпон березы толщиной 1.15 мм, высушенный в паровой сушилке СУР-4	0.86	1.18	-

\*Определяли по ГОСТ [10].

Из табл. 3 также следует, что шпон березы, высушенный в газовой сушилке, содержит формальдегида в 1.3 раза больше, а метанола в 1.6 раза меньше по сравнению со шпоном березы, высушенным в паровой сушилке. В шпоне березы, высушенном в газовой сушилке, повышенное содержание формальдегида связано с тем, что при горении природного газа образуется формальдегид, который сорбируется шпоном в газовой сушилке, а пониженное содержание метанола связано с более жестким режимом сушки шпона в газовой сушилке по сравнению с паровой сушилкой.

При определении методом ГХ летучих органических веществ в КФ смоле использовали тот же методический подход, что в фанере и шпоне (табл. 3). Динамика выделения формальдегида, метанола и метилаля из КФ смолы при температуре 80 С протекает за счёт диффузии [39].

Из табл. 4 следует, что в смоле КФМТ-15 содержится больше метанола в 2.4 раза и метилаля в 3.6 раза по сравнению с формальдегидом. Метилаль образуется

при хранении технических растворов формальдегида [18, с. 91].

Таблица 4. Результаты определения формальдегида, метанола и метилала в карбаминоформальдегидной смоле методом газовой хроматографии с помощью устройства для ПФА, % мас.

Наименование образца	Формальдегид	Метанол	Метилаль
Карбаминоформальдегидная смола КФМТ-15	0.034	0.082	0.122

Определение летучих органических веществ, выделяющихся из фанеры на основе КФ смолы в моделированных условиях эксплуатации (табл. 5).

Таблица 5. Санитарно-химическая оценка фанеры на основе карбаминоформальдегидной смолы КФМТ-15 в моделированных условиях эксплуатации при \*насыщенности 0.4, 1.0 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 25 °С и газообмене 1 объём/ч методом газовой хроматографии с помощью устройства для ПФА, мг/м<sup>3</sup>

Определяемое вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>			
		Фанера толщиной 9 мм		Фанера толщиной 18 мм	
		Насыщенность, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>			
		0.4	1.0	0.4	1.0
Формальдегид	0.01	0.022	0.055	0.028	0.08
Метанол	0.50	0.083	0.21	0.35	0.88

Примечания: \*Насыщенность, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> – отношение площади поверхности фанеры к объёму жилого помещения. Образцы фанеры с тыльной стороны и торцов обклеивали алюминиевой фольгой с помощью силикатного клея и кондиционировали в стеклянных камерах при температуре 25 °С и газообмене 1 объём/ч в течение 30 суток

Из табл. 5 следует, что в моделированных условиях эксплуатации фанера толщиной 9 и 18 мм при насыщенности 0.4 и 1.0 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> выделяет формальдегида выше ПДК для воздуха жилых помещений в 2.2-8.0 раз. Фанера толщиной 18 мм при насыщенности 1 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> выделяет метанола выше ПДК в 1.8 раза. Фанера выделяет метанола в 4-13 раз больше по сравнению с формальдегидом.

По-видимому, это может быть обусловлено следующими факторами:

1. При синтезе КФ смолы использовали водный раствор формальдегида, содержащий высокие концентрации метанола.

2. При хранении водных растворов формальдегида с ними могут происходить следующие изменения [18]: а) реакция Канниццо, состоящая в окислении одной молекулы формальдегида до муравьиной кислоты и восстановлении другой до метанола; б) образование метилала:  $\text{CH}_2\text{O} + 2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2(\text{OCH}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Результаты табл. 2-5 показывают, что метод ГХ, устройство для ПФА с дозирующей петлей 15 см<sup>3</sup> и аналитическую колонку с полифенилхиноксалином следует применять для определения формальдегида, метанола и метилала при производстве фанеры и КФ смол.

В [40] приведены результаты санитарно-химической оценки в моделированных условиях эксплуатации ДСП на основе КФ смолы (табл. 5) и прогнозирование выделения метанола и формальдегида из ДСП методом ГХ с помощью устройства для ПФА (табл. 6).

Таблица 6. Результаты санитарно-химической оценки \*ДСП толщиной 1.6 см на основе карбаминоформальдегидной смолы КФ-МТ в моделированных условиях экс-

платации при насыщенности  $0.4 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре  $20^\circ\text{C}$  и газообмене  $1 \text{ объём/ч}$  методом газовой хроматографии с помощью устройства для ПФА,  $\text{мг}/\text{м}^3$

№	Определяемое вещество	ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$
1	Формальдегид	0.01	1.255
2	Метанол	0.50	2.185

Примечания. \*Образцы ДСП изолировали с тыльной стороны и торцов с помощью алюминиевой фольги и силикатного клея и кондиционировали в камерах из стекла при температуре  $20^\circ\text{C}$ , газообмене  $1 \text{ объём/ч}$  в течение 4 суток

Результаты табл. 6 показывают, что в моделированных условиях эксплуатации концентрации веществ, выделяющихся из ДСП на основе КФ смолы превышают ПДК по формальдегиду в 126 раз и метанолу – 4.4 раза. Из ДСП на основе КФ смолы марки КФ-МТ выделяется метанола в 1.7 раз больше по сравнению с формальдегидом. В случае, когда концентрации формальдегида и метанола, выделяющихся из ДСП, превышают ПДК для воздуха жилых помещений (табл. 6), необходимо проводить прогнозирование уровня загрязнения воздушной жилых помещений формальдегидом и метанолом в процессе эксплуатации ДСП при насыщенности  $0.4\text{-}2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре  $20^\circ\text{C}$  и газообмене  $1 \text{ объём/ч}$  в камерах из стекла (табл. 7).

Таблица 7. Результаты прогнозирования выделения формальдегида и метанола из ДСП толщиной 1.6 см на основе карбамидоформальдегидной смолы КФ-МТ до санитарных норм в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности  $0.4, 1.6, 2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре  $20^\circ\text{C}$  и газообмене  $1 \text{ объём/ч}$  методом ГХ с помощью устройства для ПФА, месяцы

Определяемое вещество	Насыщенность ДСП, $\text{м}^2/\text{м}^3$	ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Время достижения ПДК при температуре $20^\circ\text{C}$ и газообмене $1 \text{ объём/ч}$ , месяцы
Формальдегид	0.4	0.01	23.4
	1.6		28.8
	2.2		30.0
Метанол	0.4	0.50	5.2
	1.6		7.7
	2.2		8.0

Табл. 7 показывает, что в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности ДСП  $0.4\text{-}2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре  $20^\circ\text{C}$  и газообмене  $1 \text{ объём/ч}$  выделение формальдегида достигает ПДК через 23-30 месяцев и выделение метанола достигает ПДК через 5-8 месяцев. В [41] приведена санитарно-химическая оценка ДСП на основе КФ, МФ и ФФ смол, производимых в Финляндии, в моделированных условиях эксплуатации методом ГХ (табл. 8).

Табл. 8 показывает, что концентрации летучих органических веществ, выделяющихся из ДСП в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности  $0.4\text{-}1.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ : на основе КФ смолы превышают ПДК по формальдегиду в 4-13 раза, метанолу – 10-31 раза; на основе МФ смолы превышают ПДК по формальдегиду в 5-15 раза, метанолу – 7-20 раза; на основе ФФ смолы превышают ПДК по формальдегиду в 12-35 раза, метанолу – 5-16 раза и фенолу – 13-40 раз.

Таблица 8. Результаты санитарно-химической оценки \*\*ДСП толщиной 15 мм на основе карбамидо-, меламино- и фенолоформальдегидных смол, производимых в Финляндии, в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности  $0.4$  и  $1.2$

$\text{м}^2/\text{м}^3$ , температуре  $20^\circ\text{C}$ , газообмене 1 объём/ч методом газовой хроматографии,  $\text{мг}/\text{м}^3$

Определяемое вещество	ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$					
		ДСП на основе КФ смолы		ДСП на основе МФ смолы		ДСП на основе ФФ смолы	
		Насыщенность, $\text{м}^2/\text{м}^3$					
		0.4	1.2	0.4	1.2	0.4	1.2
Формальдегид	*0.15	0.657	1.97	0.758	2.274	1.764	5.292
Метанол	0.5	5.096	15.288	3.283	9.846	2.657	7.971
Фенол	0.003	-	-	-	-	0.04	0.12

Примечания: \*ПДК формальдегида в воздухе жилых помещений Финляндии. \*\*Образцы ДСП с тыльной стороны и торцов обклеивали алюминиевой фольгой с помощью силикатного клея и кондиционировали в камерах из стекла при температуре  $20^\circ\text{C}$  в течение 10 суток

В Финляндии технология производства ДСП на основе КФ, МФ и ФФ смол не позволяет изготавливать ДСП удовлетворяющие гигиеническим требованиям по выделению формальдегида, метанола и фенола при насыщенности  $0.4-1.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . В [42] приведена санитарно-химическая оценка фанеры толщиной 10 мм из шпона сосны на основе КФ и ФФ смол, производимой в России, в моделированных условиях эксплуатации методом ГХ (табл. 9).

Таблица 9. Результаты санитарно-химической оценки фанеры толщиной 10 мм из шпона сосны на основе карбамидо- и фенолоформальдегидных смол в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности 0.4, 1.2 и  $2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре 20 и  $40^\circ\text{C}$ , газообмене 1 объём/час методом газовой хроматографии,  $\text{мг}/\text{м}^3$

Определяемое вещество	ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$					
		Фанера на основе КФ смолы			Фанера на основе ФФ смолы		
		Насыщенность, $\text{м}^2/\text{м}^3$					
		0.4	1.2	2.2	0.4	1.2	2.2
*Формальдегид	0.10	0.072	0.216	0.40	0.084	0.253	0.462
*Метанол	0.50	0.087	0.208	0.48	0.165	0.496	0.910
**Фенол	0.003	-	-	-	0.001	0.003	0.017

Примечания: Образцы фанеры с тыльной стороны и торцов обклеивали алюминиевой фольгой с помощью силикатного клея и кондиционировали в стеклянных камерах при  $20^\circ\text{C}$  - 16 суток и  $40^\circ\text{C}$  - 12 суток

Из табл. 9 следует, что в моделированных условиях эксплуатации концентрации летучих органических веществ, выделяющихся из фанеры: на основе КФ смолы при насыщенности  $0.4-2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$  превышают ПДК по формальдегиду в 7-40 раза и не превышают метанола; на основе ФФ смолы при насыщенности  $0.4-1.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$  превышают ПДК по формальдегиду в 8-25 раз и не превышают метанола и фенола и при насыщенности  $2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$  превышают ПДК по формальдегиду в 46 раз, метанола – 1.8 раза и фенола – 5.7 раза.

В работе [17] приведены результаты санитарно-химической оценки в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла огнезащищённой фанеры (ОЗФ) на основе ФФ смолы [42] методом ГХ и динамического ПФА (табл. 10).

Таблица 10. Результаты санитарно-химической оценки огнезащитной фанеры (ОЗФ) из березового шпона, содержащий антипирены, на основе фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3014 в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности 0,4, 1,2, 2,2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20, 40 °С и газообмене 1 объём/ч методом газовой хроматографии, мг/м<sup>3</sup>

№ п	Наименование образца	*Кол-во в-в	ПДК аммиака, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация аммиака, мг/м <sup>3</sup>		
				Насыщенность, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>		
				0.4	1.2	2.2
Перед проведением испытаний образцы ОЗФ кондиционировали в стеклянных камерах при температуре 20 °С и газообмене 1 объём/ч в течение 30 суток						
1	ОЗФ толщиной 4.5 мм из шпона берёзы, содержащего 23 % моноаммонийфосфата	18	0.2	0.0067	0.02	0.037
2	ОЗФ толщиной 4.5 мм из шпона берёзы, содержащего 21 % диаммонийфосфата	18	0.2	0.288	0.868	1.585
Перед проведением испытаний образцы ОЗФ кондиционировали в стеклянных камерах при температуре 40 °С и газообмене 1 объём/ч в течение 30 суток						
3	ОЗФ толщиной 4.5 мм из шпона берёзы, содержащего 23 % моноаммонийфосфата	18	0.2	0.089	0.267	0.49
4	ОЗФ толщиной 4.5 мм из шпона берёзы, содержащего 21 % диаммонийфосфата	18	0.2	0.38	1.14	2.09
Перед проведением испытаний образцы ОЗФ кондиционировали в стеклянных камерах при температуре 20 °С и газообмене 1 объём/ч в течение 30 суток						
5	ОЗФ толщиной 6 мм шпоне берёзы, содержащего 16 % диаммонийфосфата	60-120	0,2	0,395	1,185	2,17

Примечания: Образцы ОЗФ изолировали с тыльной стороны и торцов с помощью алюминиевой фольги и силикатного клея и кондиционировали в камерах из стекла. Образцы ОЗФ № 1-4 из шпона берёзы, высушенном в паровой сушилке, изготовлены в лабораторных условиях. Образцы ОЗФ № 5 из шпона берёзы, высушенном в газовой сушилке газами, образуются при сжигании древесины и отобранны на ОАО «Власть труда». \*Органические вещества определяли методом ГХ на СКК (85 м x 0,25 мм) с SE-30 и NaCl [32]. Пробы органических веществ из патрона-концентратора вводили в СКК с методом термической десорбции с помощью устройства [33].

При санитарно-химической оценки образцов ОЗФ № 1-5, содержащих моно- и диаммонийфосфат, на основе ФФ смолы при насыщенности 0,4-2,2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20, 40 °С и газообмене 1 объём/ч не обнаружено выделение фенола и обнаружены следовые концентрации формальдегида. Это связано с тем, что при высушивании шпона после пропитки антипиренами в сушилке и при прессовании фанеры, моно- и диаммонийфосфат частично разлагаются с образованием аммиака и фосфорной кислоты. Фенол, содержащийся в ФФ смоле, вступает в химическое взаимодействие с фосфорной кислотой и образует нелетучее соединение. Формальдегид, содержащийся в ФФ смоле и шпоне, вступает в химическое взаимодействие с аммиаком и образует гексаметиленetetрамин, который с фосфорной кислотой образует соли.

Из табл. 10 следует, что санитарно-химическая оценка ОЗФ методом ГХ на СКК с SE-30 и NaCl показывает, что результаты зависят от режима сушки шпона и вида теплоносителя. Образцы ОЗФ № 1-4 из шпона берёзы, высушенного в паровой

сушилке выделяет 18 органических веществ и из образцов ОЗФ № 5 из шпона берёзы, высушенного в газовой сушилке газами при сжигании древесины, выделяет 60-120 органических веществ – продукты пиролиза древесины, которые сорбируются шпоном.

Из табл. 10 следует, что концентрации выделяющегося аммиака из образцов ОЗФ № 1 и 3, содержащих 23 % моноаммонийфосфата, при температуре 20 °С ниже в 43 раза и при 40 °С – в 4,3 раза по сравнению с образцами ОЗФ № 2 и 4, содержащих 21 % диаммонийфосфата. Из табл. 10 также следует, что концентрация аммиака, выделяющегося из образцов:

– ОЗФ № 1, содержащей 23 % моноаммонийфосфата, при насыщенности 0.4-2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> и температуре 20 °С и газообмене 1 объём/ч не превышают ПДК;

– ОЗФ № 3, содержащей 23 % моноаммонийфосфата, при температуре 40 °С, насыщенности 0.4 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> не превышают ПДК, а при насыщенности 1.2 и 2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> превышают ПДК в 1.3- 2.5 раза;

– ОЗФ № 2, содержащей 21 % диаммонийфосфата, при насыщенности 0.4-2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> и температуре 20 °С превышают ПДК в 1.4-7.9 раза и при температуре 40 °С ОЗФ № 4 превышают ПДК в 1.9-10.5 раза;

– ОЗФ № 5, содержащей диаммонийфосфат, при насыщенности 0.4-2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> и температуре 20 °С превышают ПДК в 2-11 раз.

В работе [44] приведены результаты санитарно-химической оценки в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла древесноволокнистой плиты на основе альбумина и ФФ смолы методом ГХ (табл. 11).

Таблица 11. Результаты санитарно-химической оценки в моделированных условиях эксплуатации древесноволокнистой плиты на основе альбумина и фенолоформальдегидной смолы при насыщенности 0.4, 1.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20, 40 °С и газообмене 1 объём/ч методом газовой хроматографии, мг/м<sup>3</sup>

Определяемое вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>							
		*ДВП на основе альбумина толщиной 5 мм				**ДВП на основе ФФ смолы толщиной 8 мм			
		Насыщенность, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>							
		0.4		1.2		0.4		1.2	
		20 °С	40 °С	20 °С	40 °С	20 °С	40 °С	20 °С	40 °С
Формальдегид	0.01	0.0027	0.003	0.008	0.009	0.209	0.385	0.626	1.156
Метанол	0.5	0.012	0.035	0.035	0.105	0.053	0.160	0.160	0.480
Фенол	0.003	-	-	-	-	-	0.0005	-	0.0016

Примечания: Образцы ДВП с тыльной стороны и торцов обклеивали алюминиевой фольгой с помощью силикатного клея и кондиционировали в камерах из стекла: \*на основе альбумина при температуре 20 °С - 14 суток и при 40 °С - 1 сутки; \*\* на основе ФФ смолы при температуре 20 и 40 °С - 7 суток

Из результатов табл. 11 следует, что концентрации летучих органических веществ, выделяющихся: из ДВП на основе альбумина при насыщенности 0.4-1.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20 и 40 °С не превышают ПДК для воздуха жилых помещений по формальдегиду и метанолу; из ДВП на основе ФФ смолы при насыщенности 0.4-1.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20 и 40 °С превышают ПДК по формальдегиду в 21-116 раза и не превышают ПДК по метанолу и фенолу.

## Заключение

Для определения санитарно-химических характеристик КДМ и синтетических смол целесообразно использовать метод ГХ, динамический ПФА и термостойкие полимерные сорбенты для концентрирования – полихром-3, цезийсорб и полифенилхиноксалин. Полихром-3 при комнатной температуре избирательно концентрирует из газовой среды фенол, выделяющийся из КДМ, не концентрирует формальдегид и метанол. Полифенилхиноксалин и цезийсорб концентрируют формальдегид и метанол. Применение указанных сорбентов позволяет реализовать методический подход раздельного анализа фенола и формальдегида при комнатной температуре.

Для повышения чувствительности определения формальдегида, метанола и метилала выделяющихся из КДМ и синтетических смол целесообразно использовать устройство для ПФА с дозирующей петлёй объёмом 15 см<sup>3</sup> и детектировать на ПИД газового хроматографа формальдегид, метанол и метилаль в виде метана после разделения на аналитической колонке.

Целесообразно использовать устройства для ввода проб органических веществ, сконцентрированных на сорбенте, в аналитическую насадочную и капиллярную колонки методом термической десорбции. При вводе пробы органических веществ из патрона-концентратора в аналитическую колонку исключается непродуваемый объём между иглой патрона-концентратора и мембраной испарителя и не сорбируются определяемые органические вещества на силиконовой мембране испарителя газового хроматографа.

Санитарно-химическая оценка массива древесины сосны через 6 месяцев кондиционирования образцов в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла при насыщенности 2.2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, температуре 20, 40°С, газообмене 1 объём/ч методом ГХ показала, что выделяется формальдегид в концентрации 0.15 мг/м<sup>3</sup> и 0.165 мг/м<sup>3</sup> и превышает ПДК для воздуха жилых помещений в 15-17 раз.

Санитарно-химические характеристики фанеры зависят от режима сушки шпона и вида теплоносителя. Фанера из шпона берёзы, высушенного в газовой сушилке газами при сжигании природного газа, выделяет 26 органических веществ, из шпона, высушенного в газовой сушилке газами при сжигании древесины – 60-120 веществ и высушенного в паровой сушилке – 18 веществ. Шпон берёзы, высушенный в газовой сушилке, содержит формальдегида в 1.3 раза больше, а метанола в 1.6 раза меньше по сравнению со шпоном берёзы, высушенным в паровой сушилке.

Сравнение результатов санитарно-химических характеристик фанеры на основе КФ смолы показывает, что в моделированных условиях эксплуатации в соответствии с [1] концентрации выделения формальдегида, полученные методом ГХ, в 2.2-4.9 раза ниже по сравнению со спектрофотометрическим методом с ацетилацетоновым реактивом [8].

Стандарты стран Евросоюза [5, 8] занижают сортность фанеры по эмиссии формальдегида и, соответственно, цены на фанеру с 337 (1997 г.) до 256 (2005 г.) долл. США за 1 м<sup>3</sup>, что приводит к потере России 130 млн. долл. в год при экспорте фанеры.

Результаты анализа КФ смол, используемых для изготовления фанеры и ДСП, методом газовой ГХ показали, что в смолах содержится больше метанола в 1.9-2.9 раза и метилала в 1.4 -3.6 раза по сравнению с формальдегидом. В фанере и ДСП на основе КФ смол метилаль не обнаруживается, так как разлагается при прессовании пакетов фанеры и ДСП.

Санитарно-химическая оценка в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла фанеры из шпона сосны на основе ФФ смолы толщиной 10 мм

при насыщенности  $2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , газообмене 1 объём/ч, температуре 20 и 40 °С методом ГХ показала, что концентрации выделяющихся веществ превышают ПДК по формальдегиду в 46 раз, метанолу – 1.8 раза и фенолу – 5.7 раза (при 40 °С).

Санитарно-химическая оценка в моделированных условиях эксплуатации в камерах из стекла огнезащищённой фанеры, содержащей моноаммонийфосфат, методом ГХ показала, что концентрация выделяющегося аммиака из фанеры при температуре 20 °С ниже в 43 раза и при 40 °С – в 4,3 раза по сравнению огнезащищённой фанерой, содержащей диаммонийфосфат. При производстве огнезащищённой фанеры, содержащей моно- и диаммонийфосфат, на основе ФФ смолы – фосфорная кислота и аммиак связывают фенол и формальдегид.

Для прогнозирования выделения формальдегида и метанола из ДСП на основе КФ смолы целесообразно использовать метод ГХ, устройство для ПФА с дозирующей петлёй объёмом  $15 \text{ см}^3$  и камеры из стекла для моделирования условий эксплуатации. Прогнозирование выделения формальдегида и метанола из ДСП в моделированных условиях эксплуатации при насыщенности  $0.4\text{-}2.2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , температуре 20 °С, газообмене 1 объём/ч достигается до ПДК по формальдегиду через 23.4-30.0 месяцев и метанолу – 5.2-8.0 месяцев.

### Список литературы

1. Методические указания МУ 2.1.2.1829-04. Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий. М. Минздрав России, 2004. Утв. гл. гос. сан. врачом РФ Онищенко Г.Г. 6.01.2004 г.
2. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому контролю – глава II, раздел 6, требования к полимерным и полимерсодержащим строительным материалам и мебели, утвержденные решением ЕЭК Таможенного союза 28.05.2010 г. № 299.
3. Допустимые уровни выделения вредных химических веществ из полимерных строительных материалов. Утв. зам. гл. сан. врача СССР В.Е. Ковшило 20.10.1976 г. № 1508-76.
4. Методические указания по санитарно-гигиеническому контролю полимерных строительных материалов, предназначенных для применения в строительстве жилых и общественных зданий. Издание 3-е, дополненное. М., 1980. 80 с. Утв. зам. гл. сан. врача СССР В.Е. Ковшило 28.03.1980, № 2158-80.
5. EN 1084: 1995. Фанера. Классы эмиссии формальдегида, определяемые газовыми методами.
6. EN 120:1994. Панели на основе древесины. Определение концентраций формальдегида. Экстракционный метод, называемый перфораторным.
7. EN 717-1:1999. Панели на основе древесины. Определение выделения формальдегида. Часть 1. Эмиссия формальдегида камерным методом.
8. EN 717-2:1995. Панели на основе древесины. Определение выделения формальдегида. Часть 2. Определение формальдегида газовыми методами анализа.
9. EN 717-3:1996. Панели на основе древесины. Определение выделения формальдегида. Часть 3. Определение формальдегида баночным методом.
10. ГОСТ 27678-88. Плиты древесностружечные и фанера. Перфораторный метод определения содержания формальдегида. М.: Изд-во стандартов, 1990. 6 с. – Введ. 01.01.1989.
11. ГОСТ 30255-95. Мебель, древесные и полимерные материалы. Метод определения выделения формальдегида и других вредных летучих химических веществ в климатических камерах. М.: Изд-во стандартов. 1996. 19 с. – Введ. 01.07.96.
12. ГОСТ Р 53867-2010. Плиты древесные и фанера. Определение формальдегида методом газового анализа. М.: Изд-во стандартов, 1988. 6 с. - Введ. 07.01.2011.
13. Заключение Межведомственной комиссии под председательством директора ГЕО-ХИ им. В.И. Вернадского АН СССР, акаде-



мика Барсукова В.Л. по выработке обоснованных нормативов ПДК формальдегида в жилых помещениях деревянных панельных домов (Поручение Совета Министров СССР от 27.11.1989 г., № ЛВ-6720).

14. ГОСТ 14231-88 Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1988. 22 с. – Введ. 01.07.1989.

15. ГОСТ 20907-75 Смолы фенолоформальдегидные жидкие. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1985. 28 с. – Введ. 01.01.1977.

16. Хабаров В.Б. Применение газовой хроматографии при контроле санитарно-химических характеристик древесины сосны, берёзы и фанеры из шпона берёзы // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2009. № 1. С. 14-18.

17. Хабаров В.Б., Панина Л.И. Особенности санитарно-химической оценки огнезащитной фанеры методом газовой хроматографии // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2008. № 5. С. 8-11.

18. Уокер Дж. Ф. Формальдегид. Пер. с англ. Госхимиздат, 1957. 608 с.

19. ГОСТ Р ИСО 16000-2-2007. Воздух замкнутых помещений. Часть 2. Отбор проб на содержание формальдегида. Основные положения. М.: Стандартинформ. 2007. 20 с. – Введ. 01.10.2007.

20. Руководство по качеству воздуха в помещениях: Избранные загрязняющие вещества (2011 г.) Сайт: Документированный центр Всемирной организации здравоохранения [www: http://mednet.ru/whodc](http://mednet.ru/whodc)

21. ГОСТ Р ИСО 16000-3-2007. Воздух замкнутых помещений. Часть 3. Определение содержания формальдегида и других карбонильных соединений. Метод активного отбора проб. М.: Стандартинформ. 2008. 44 с. – Введ. 01.10.2008.

22. ГОСТ Р ИСО 16000-4-2007. Воздух замкнутых помещений. Часть 4. Определение формальдегида. Метод диффузионного отбора проб. М.: Стандартинформ. 2007. 16 с. – Введ. 01.10.2007.

23. Постановление правительства Германии «О запрете и ограничении на распространение опасных веществ, препаратов и продуктов в соответствии с законом о нормах содержания вредных веществ в бытовых химикатах, часть 3 приложения к § 1 (Приложение 4).

24. ГОСТ Р 8.563-96. ГСИ. Методики выполнения измерений. М.: Изд-во стандартов. 1997. 32 с. Введ. 01.07.1997.

25. Хабаров В.Б. Использование метода газовой хроматографии для санитарно-химической оценки экспортной фанеры // *Ж. деревообрат. пром-сть*. 2008. № 4. С. 14-18.

26. Хабаров В.Б., Панина Л.И., Львов А.И. СТП 01-94 НИОКО «Биоэкомониторинг». Унифицированная методика санитарно-химической оценки полимерных и композиционных материалов на основе карбамидо-, меламино- и фенолоформальдегидных смол методом газовой хроматографии. М., 1994. - 59 с. - Введ. 01.06.96.

27. А.С. № 1258179 СССР. МКИ G01N 30/48. Бюл. 1986. № 34. С. 275. Способ получения полимерного сорбента // Хабаров В.Б., Панина Л.И., Сакодынский К.И., Ковба И.Т., Глазунова Л.Д.

28. А.С. № 699422 СССР. МКИ<sup>2</sup> G 01 N 31/08. Бюл. 1979. № 43. Сорбент для газовой хроматографии // Глазунова Л.Д., Панина Л.И., Сакодынский К.И., Забелников Н.С.

29. А.С. № 1693535 СССР. МКИ<sup>5</sup> G 01 N 30/48. Бюл. 1991. № 43. Способ газохроматографического анализа смеси: вода, формальдегид, метанол // Терехова Г.П., Панина Л.И., Сакодынский К.И.

30. А.С. № 1728793 СССР. МКИ G01N 30/10. Бюл. 1992. № 15. С. 184. Устройство для парофазного анализа // Хабаров В.Б., Мальцев В.В.

31. А.С. № 1350610 СССР. МКИ G01N 30/04. Бюл. 1987. № 41. С. 191. Способ получения калибровочных смесей паров формальдегида в инертном газе и устройство для его осуществления // Хабаров В.Б., Мальцев В.В.

32. А.С. № 1111101 СССР. МКИ G01N 31/08. Бюл. 1984. № 32. Способ приготовления стеклянных капиллярных колонок для газожидкостной хроматографии // Самусенко А.Л., Головня Р.В., Хабаров В.Б., Аэров А.Ф.

33. А.С. СССР № 1341575. МКИ G01N 30/08. Бюл. 1987. № 36. С. 205. Устройство для ввода проб в капиллярную колонку // Хабаров В.Б., Ковба И.Т., Сакодынский К.И.

34. А.С. № 1458810 СССР. МКИ G01N 30/48. Бюл. 1989. № 6. С. 204. Сорбент для газожидкостной хроматографии // Мальцев В.В., Хабаров В.Б., Волкова Л.Д., Чернышева Е.И.

35. Хабаров В.Б. Создание динамическим методом в потоке азота градуировочных смесей метанола и формальдегида // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. Вып. 4. С. 513-522.

36. Хабаров В.Б. Новое устройство для ввода проб микропримесей органических веществ, сконцентрированных на полифенилхиноксалине, в капиллярную колонку методом термической десорбции без криофокусирования пробы // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. Вып. 5. С. 650-664.

37. Хабаров В.Б. Новое устройство для ввода проб органических веществ в методе газовой хроматографии // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13. Вып. 6. С. 947-958.

38. Хабаров В.Б. Устройство для ввода проб органических веществ, сконцентрированных на сорбентах, в капиллярную колонку методом термической десорбции при изучении санитарно-химических характеристик фанеры методом газовой хроматографии // Прикладная аналитическая химия. 2011. Т. 2. № 3(5). С. 44-49.

39. Хабаров В.Б. Определение формальдегида, метанола и метилала в фанере, шпоне и карбамидоформальдегидной смоле методом газовой хроматографии с помощью нового устройства для парофазного анализа // Аналитика и контроль. 2013. Т. 17. № 2. С. 196-203.

40. Хабаров В.Б. Прогнозирование выделения метанола и формальдегида из древесно-

стружечной плиты методом газовой хроматографии с помощью устройства для парофазного анализа. Тезисы первого Всероссийского симпозиума «Кинетика и динамика обменных процессов». РАН, 4 с.

41. Хабаров В.Б. Санитарно-химическая оценка древесностружечных плит, производимых в Финляндии, методом газовой хроматографии // РАН, ИФХЭ РАН. Тезисы Всероссийского симпозиума «Хроматография и хромато-масс-спектрометрия». 14-18 апреля 2008. Москва-Клязьма. С. 170.

42. Хабаров В.Б. Санитарно-химическая оценка фанеры из шпона сосны на основе карбамидо- и фенолоформальдегидных смол методом газовой хроматографии // РАН, ИФХЭ РАН. Тезисы Всероссийского симпозиума «Хроматография и хромато-масс-спектрометрия». 14-18 апреля 2008. Москва-Клязьма. С. 171.

43. Пат. № 2144856 РФ, МКИ<sup>7</sup> В27D 1/04. Бюл. 2000. № 3. Способ изготовления огнезащитной фанеры // Бирюков В.Г., Новичков В.Ф., Сибримов Н.И., Неклюдов А.Д., Мишков С.Н., Карпо Б.С., Балакин М.И., Соколов А.В.

44. Хабаров В.Б. Санитарно-химическая оценка древесноволокнистой плиты на основе альбумина и фенолоформальдегидной смолы методом газовой хроматографии // РАН, ИФХЭ РАН. Тезисы Всероссийского симпозиума «Хроматография и хромато-масс-спектрометрия». 14-18 апреля 2008. Москва-Клязьма. С. 119.

## References

1. Metodicheskie ukazaniya MU 2.1.2.1829-04. Sanitarno-gigienicheskaya otsenka polimernykh i polimersoderzhashchikh stroitelnykh materialov i konstruktsiy, prednaznachennykh dlya primeneniya v stroitelstve zhilykh, obshchestvennykh i promyshlennykh zdaniy, M. Minzdrav Rossii, 2004, Utv. gl. gos. san. vrachom RF Onishchenko G.G. 6.01.2004 y.

2. Edinye sanitarno-epidemiologicheskie i higienicheskie trebovaniya k tovaram, podlezhashchim sanitarno-epidemiologicheskomu kontrolyu – glava II, razdel 6, trebovaniya k polimernym i polimersoderzhashchim stroitelnykh materialam i mebeli Uтверждены ЕЖК Тамозхенного союзу 28.05.2010 y., То. 299.

3. Dopustimye urovni vydeleniya vrednykh himicheskikh veshchestv iz polimernykh stroitelnykh materialov Utv. zam. gl. san. vracha SSSR V.E. Kovshilo 20.10.1976 y., No. 1508-76.

4. Metodicheskie ukazaniya po sanitarno-gigienicheskomu kontrolyu polimernykh stroitelnykh materialov, prednaznachennykh dlya primeneniya v stroitelstve zhilykh i obshchestvennykh zdaniy Izdanie 3-e, dopolnennoe. M., 1980. 80 p. Utv. zam. gl. san. vracha SSSR V.E. Kovshilo 28.03.1980, no. 2158-80.

5. EN 1084: 1995. Plywood. Formaldehyde release classes determined by the gas analysis method.

6. EN 120:1994. Wood-based panels. Determination of formaldehyde content. Extraction method called the perforator method.
7. EN 717-1: 1999. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 1. Formaldehyde emission by the chamber method.
8. EN 717-2:1995. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 2. Formaldehyde release by the gas analysis method.
9. EN 717-3: 1996. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 3. Formaldehyde release by the flask method.
10. GOST 27678-88. Particle boards and plywood. Perforatory method for determining formaldehyde content.
11. GOST 30255-95. Furniture, timber and polymers. Method for determination of formaldehyde and other volatile chemicals in the air of climatic chambers.
12. GOST R 53867-2010. Wood-based panels and plywood. Determination of formaldehyde release by the gas analysis method.
13. Zaklyuchenie Mezhdedomstvennoy komissii pod predsedatelstvom direktora GEOKH im. V.I. Vernadskogo AN SSSR, akademika Barsukova V.L. po vyrabotke obosnovannykh normativov PDK formaldegida v zhilykh pomesheniakh derevyannykh panelnykh domov
14. GOST 14231-88. 14. Urea-formaldehyde resins. Specifications.
15. GOST 20907-75. 15. Liquid phenolformaldehyde resins. Specifications.
16. Khabarov V.B. Primenenie gazovoy khromatografii pri kontrole sanitarno-khimicheskikh kharakteristik drevesiny sosny, bereozy i fanery iz shpona bereozy, Wood products industry, 2009, No. 1, pp. 14-18.
17. Khabarov V.B., Panina L.I. Osobennosti sanitarno-khimicheskoy otsenki ognezashchishcheyonnoy fanery metodom gazovoy khromatografii, Wood products industry, 2008, No. 5, pp. 8-11.
18. Walker. J.F. Formaldehyde. Trans. from English. Goskhimizdat, 1957, 608 p.
19. GOST R ISO 16000-2-2007. 19. Indoor air. Part 2. Sampling for formaldehyde content. Main principles.
20. Guide to Indoor Air Quality: Selected pollutants (2011) World Health Organization recommends that indicators of air quality for individual pollutants. Website: Documented Center of the World Health Organization [www: http://mednet.ru/whodc](http://mednet.ru/whodc)
21. GOST R ISO 16000-3-2007. Indoor air. Part 3. Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds. Active sampling method.
22. GOST R ISO 16000-4-2007. Indoor air. Part 4. Determination of formaldehyde. Diffusive sampling method.
23. Postanovlenie pravitelstva Germanii «O zaprete i ogranichenii na rasprostranenie opasnykh veshchestv, preparatov i produktov v sootvetstvii s zakonom o normakh sodержaniya vrednykh veshchestv v bytovykh khimikatakh», chast 3 prilozheniya k § 1 (Prilozhenie 4)
24. GOST R 8.563-96. State system for ensuring the uniformity of measurements. Procedures of measurements.
25. Khabarov V.B. Ispolzovanie metoda gazovoy khromatografii dlya sanitarno-khimicheskoy otsenki eksportnoy fanery, Wood products industry, 2008, no. 4, pp. 14-18.
26. Khabarov V.B., Panina L.I., Lvov A.I. STP 01-94 NIOKO «Bioekomonitoring». Unificirovannaya metodika sanitarno-khimicheskoy otsenki polimernykh i kompozicionnykh materialov na osnove karbamido-, melamino- i fenoloformaldegidnykh smol metodom gazovoy khromatografii, M., 1994, 59 p. Vved. 01.06.96.
27. C.C. No. 1258179 USSR. G01N 30/48 ICI. Bull. 1986, no. 34, pp. 275. A method for producing a polymer sorbent. Khabarov V. B., Panina L.I., Sakodynski K.I., Kovba I.T., Glazunova L.D.
28. C.C. No. 699422 USSR. ICI2 G01N 31/08. Bull. 1979, no. 43. Sorbent for a gas chromatography. Glazunova L.D., Panina L.I., Sakodynski K.I., Zabelnikov N.S.
29. C.C. No. 1693535 USSR. ICI5 G01N 30/48. Bull. 1991, no. 43. A method of gaschromatographic analysis of the mixture: water, formaldehyde, methanol. Terekhova G.P., Panina L.I., Sakodynski K.I.
30. C.C. No. 1728793 USSR. ICI G01N 30/10. Bull. 1992, no. 15, pp. 184. The device for the vapor-phase analysis. Khabarov V. B., Maltsev V.V.
31. C.C. No. 1350610 USSR. ICI G01N 30/04. Bull. 1987, no. 41, pp. 191. A way of receiving calibration mixes of vapors of formaldehyde in inert gas and the device for its implementation. Khabarov V.B., Maltsev V. V.
32. C.C. No. № 1111101 USSR. ICI G01N 31/08. Bull. 1984, no. 32. A way of preparation of glass capillary columns for a gas-liquid

chromatography. Samusenko A.L., Golovnya R. V., Khabarov V. B., Aerov A.F.

33. C.C. No. 1341575 USSR. ICI G01N 30/08. Bull. 1987, no. 36, pp. 205. The device for input of tests in a capillary column. Khabarov V.B., Kovba I.T., Sakodynski K.I.

34. C.C. No. 1458810 USSR. ICI G01N 30/48. Bull. 1989, no. 6, pp. 204. Sorbent for a gas-liquid chromatography. Maltsev V. V., Khabarov V. B., Volkova L.D., Chernysheva E.I.

35. Khabarov V.B. Sozdanie dinamicheskim metodom v potoke azota graduirovannykh smesey metanola i formaldegida, Sorbcionnye i hromatograficheskie processy, 2012, Vol. 12, No 4, pp. 513-522.

36. Khabarov V.B. Novoe ustroystvo dlya vvoda prob mikroprimesei organicheskikh veshchestv, skoncentrirovannykh na polifenilkhinoksaline, v kapillyarnuyu kolonku metodom termicheskoy desorbtsii bez kriofokusirovaniya proby, Sorbcionnye i hromatograficheskie processy, 2012, Vol. 12, No 5, pp. 650-664.

37. Khabarov V.B. Novoe ustroystvo dlya vvoda prob organicheskikh veshchestv v metode gazovoy kromatografii, Sorbcionnye i hromatograficheskie processy, 2013, Vol. 13, rel. 6, pp. 947-958.

38. Khabarov V.B. Ustroystvo dlya vvoda prob organicheskikh veshchestv, skoncentrirovannykh na sorbente, v kapillyarnuyu kolonku metodom termicheskoy desorbtsii pri izuchenii sanitarno-khimicheskikh harakteristik fanery metodom gazovoy khromatografii, Applied analytical chemistry, 2011, Vol. 2, No. 3(5), pp. 44-49.

39. Khabarov V.B. Opredelenie formaldegida, metanola i metilalya v fanere, shpone i karbamidoformaldegidnoy smole metodom gazovoy khromatografii s pomoshchyu novogo ustroystva dlya parofaznogo analiza, Analytics and control, 2013, Vol. 17, No 2, pp. 196-203.

40. Khabarov V.B. Prognozirovaniye vydeleniya metanola i formaldegida iz drevesnostruzhechnoy plity metodom gazovoy khromatografii s pomoshchyu ustroystva dlya parofaznogo analiza. Tezisy pervogo Vserossiyskogo simpoziuma «Kinetika i dinamika obmennykh processov». RAN, nauchnyy sovet po fizicheskoy khimii i IFKHE RAN. Krasnodarskiy kray, Divnomorskoe, 2-9 noyabrya 2012, 4 p.

41. Khabarov V.B. Sanitarno-khimicheskaya otsenka drevesnostruzhechnykh plit, proizvodimykh v Finlyandii, metodom gazovoy khromatografii. Tezisy Vserossiyskogo simpoziuma «Khromatografiya i khromato-mass-spektrometriya». 14-18 aprelya 2008. Moskva-Klyazma, pp. 170.

42. Khabarov V.B. Sanitarno-khimicheskaya otsenka fanery iz shpona sosny na osnove karbamido- i fenoloformaldegidnykh smol metodom gazovoy khromatografii RAN, IFKHE RAN. Tezisy Vserossiyskogo simpoziuma «Khromatografiya i khromato-mass-spektrometriya». 14-18 aprelya 2008. Moskva-Klyazma, pp. 171.

43. Pat. No. 2144856 RF, ICI7 B27D 1/04. Bull. 2000, no. 3. Way of production of ognezashchishchyonny plywood. Biryukov V.G., Novichkov V.F., Sibrimov N.I., Neklyudov A.D., Mishkov S.N., Karpo B.S., Balakin M.I., Sobolev A.V.

44. Khabarov V.B. Sanitarno-khimicheskaya otsenka drevesnovoloknistoy plity na osnove albumina i fenoloformaldegidnoy smoly metodom gazovoy khromatografii. RAN, IFKHE RAN. Tezisy Vserossiyskogo simpoziuma «Khromatografiya i khromato-mass-spektrometriya». 14-18 aprelya 2008. Moskva-Klyazma, pp. 119.

---

**Хабаров Виктор Борисович** – к.х.н., старший научный сотрудник, Федеральное Учреждение бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, тел.: 8(495)9554668

**Khabarov Victor B.** – Candidat of Chemistry, senior research worker, Federal State Budgetary Foundation of Science A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: [Khabarov@phyche.ac.ru](mailto:Khabarov@phyche.ac.ru)