

**NON-TOXIC BORON-CONTAINING ADDITIVES FOR COVERINGS WOOD SURFACE
OF LOWER FLAMMABILITY**

**MULTIFUNKCIONĀLI BORU SATUROŠI ANTIPIRĒNU SASTĀVI KOKSNES VIRSMAS
APSTRĀDEI**

Inara Zarina, Dr.Chem., Head of the Laboratory of the Protective Coatings,
Institute of Inorganic Chemistry of the Riga Technical University
34 Miera Str., Salaspils, LV2169
telephone 37167800771
e-mail: zarina@nki.lv

Raisa Belousova, Dr. Chem, Leading researcher of the Laboratory of the Protective Coatings,
Institute of Inorganic Chemistry of the Riga Technical University
34 Miera Str., Salaspils, LV2169
telephone 37167800771

Dagnija Valdniece, leading eng. of the Laboratory of the Protective Coatings,
Institute of Inorganic Chemistry of the Riga Technical University
34 Miera Str., Salaspils, LV2169
telephone 37167800771.

Atslēgas vārdi: koksnes impregnēšana, pārklājumi, cinka borāti

Ievads

Pasaules praksē koksnes materiālu aizsardzībai no uguns iedarbības plaši pielieto sastāvus, kas satur antipirēnus. Kā zināms, antipirēni samazina koksnes degamību un maina tās termodegradācijas mehānismu. Antipirēnu sastāvus pielieto gan koksnes impregnēšanai, gan krāsu sastāvos [1-4]. Viens no svarīgākajiem šo sastāvu pielietošanā saistās ar degšanas procesā gaistošo vielu emisiju apkārtējā vidē. Pēc Eiropas Savienības norādēm, antipirēnu sastāvos – gan koksnes impregnēšanā, gan krāsu sastāvos - jāizslēdz ķīmiskas vielas, kas degšanas procesā izdala videi un cilvēkiem kaitīgas vielas. Pēc Eiropas Savienības norādēm bora savienojumu pielietošana antipirēnu sastāvos nodrošina šīs prasības. Visos gadījumos antipirēnus pielieto, lai iespēju robežās traucētu koksnes aizdegšanos, samazinātu liesmas izplatīšanās ātrumu un pazeminātu temperatūru uz koksnes virsmas. Antipirēnu darbības mehānisms pamatojas uz to, ka neorganiskie sāļi tieši izmaina koksnes pirolīzi: 1) palielina oglekļa daudzumu un 2) samazina viegli uzliesmojošo vielu daudzumu. Pirolīzes reakcijas ietekmē termisko sadalīšanos, tās notiek zemākā temperatūrā. Antipirēnu sastāvi uz koksnes virsmas var stimulēt oglekļa kārta veidošanos, novērst gaistošo gāzu uzliesmošanu, veicinot to pārveidošanos ūdens tvaikos un oglekļa dioksīdā, izveidot stiklveida barjeru uz virsmas, pārklāt virsmu ar putām, veidot brīvus radikālus gāzu fāzē. Koksnes degšanas un oglekļa slāņa veidošanās procesā koksnes struktūra zem oglekļa slāņa degšanas procesā paliek nemainīga. Neskatoties uz komplekso koksnes degšanas procesu, koksnes nesošajām konstrukcijām ir viena ļoti pozitīva īpašība, tās nezaudē nestspēju uguns iedarbībā. Degšanas procesā koksnes nesošās konstrukcijas zaudē savu nestspēju par tik, cik veidojas oglekļa slānis, līdz ar to koksnes nesošo konstrukciju nestspēja ir prognozējama. Līdzekļus, ko izmanto koksnes uguns aizsardzībai, nosacīti var iedalīt uguns aizsardzības impregnējošos šķīdumos un segumos (lakas, krāsas, pastas, ziedes). Impregnēšanas šķīdumi saglabā koksnes tekstūru un dabīgo skaistumu, tāpēc to pielietojums ir universālāks. Lakas, krāsas, pastas, ziedes pielieto koksnes virsmu pretuguns aizsardzībai, kuras nav pakļautas tiešai atmosfēras iedarbībai, bet šie uguns aizsardzības segumi

samazina koksnes dekoratīvās īpašības un tos labāk izmantot konstrukcijām, kas paslēptas skatieniem, bet paīdzina pārklājuma ekspluatācijas laiku.

Cinka borātu pielietošana un darbības mehānisms antipirēnu sastāvos

Cinka borāti ir balti, netoksiski pulveri, ko iegūst no borskābes, boraka un cinka savienojumiem, kurus pielieto plastmasas, gumijas, krāsu un citu materiālu aizsardzībā kā liesmu slāpētājus. Tie sadalās temperatūras intervālā 290⁰ – 415⁰ C. Cinka borāti ir multifunkcionāli liesmu slāpētāji: 1) darbojas kā halogēnu sinergisti, 2) dūmu slāpētāji (veicina pāroģļojoša slāņa veidošanos), 3) paātrina ogles kārtas veidošanos, 4) Zn²⁺ jona klātbūtne sekmē B₂O₃ stiklveida slāņa veidošanos uz virsmas, 5) atbrīvojas ūdens molekulas endotermisko reakciju rezultātā, kas sekmē šūnveida pāroģļotās kārtas izveidošanos. RTU Neorganiskās ķīmijas institūtā sintezēts cinka borāts – tricinka dekaborāta tetradekahidrāts-3ZnO.5B₂O₃.14H₂O (tekstā cinka borāts 3,5,14). Izstrādāta savienojuma sintēzes jauna bezatkritumu iegūšanas tehnoloģija, kas nodrošina sintēzes iznākumu 80-94% un sintēzes filtrāta izmantošanu bioaizsargājošos sastāvos koksnes virsmas apstrādei. Savienojumu sintezē no cinka sulfāta, boraka, borskābes pārākuma klātbūtnē 30-40⁰ C temperatūrā. Noskaidrots ka 3,5,14 cinka borāts ir efektīvs antipirēns, ko iespējams pielietot koksnes, celulozes un citu materiālu aizsardzībai pret degšanu. To pierāda termogravimetriskās analīzes dati. Cinka borāts 3,5,14 ir balta, kristāliska viela, vāji šķīst ūdenī (hidrolizējas), vāji šķīst borskābē (0,83 g/l), šķīst sālskābē pie pH 4-5 (šķīdības palielināšanai nepieciešama hlora jonu klātbūtne), kā hlora jonu avotu var izmantot amonija hlorīdu. Tas ir videi draudzīgs antipirēns, jo sadaloties neizdala toksiskus savienojumus. Pēc formulas Zn₃B₁₀O₁₈ .14H₂O aprēķināts procentuālais sastāvs: ZnO – 28,91, B₂O₃ – 41,24, H₂O –29,85 [5].

Pretuguns aizsardzības efektivitātes raksturojums un noteikšanas metodika

LVS standarta 238:2005 "Koksnes aizsarglīdzekļi" testēšanas metodes pretuguns aizsarglīdzekļu aizsargājošās efektivitātes noteikšanas pamatā ir koksnes paraugi, kas apstrādāti ar pretuguns aizsarglīdzekļiem, masas zudumu noteikšana degšanas mēģinājumā, kurā ir pastiprināta siltuma akumulācija. Iekārtas pamatā ir keramiskās šahtas ar noteiktiem izmēriem, metāliskās pamatnes ar sānu sienās ierīkotiem aizvērtņiem gaisa padeves regulēšanai degšanas zonā, ka arī gāzes deglis, automātisks potenciometrs, paraugu turētājs. Paraugi tiek sagatavoti pēc standartā noteiktiem sagatavošanas kritērijiem. Koksnes paraugi jāgatavo taisnstūru brusas veidā ar izmēriem 150x60x30 mm. Paraugu mitruma saturam pirms pārklāšanas jābūt (8±1,5)%, bet pirms dziļās piesūcināšanas koksnes paraugu mitruma saturam jābūt (5±2)%. To iespējams nodrošināt paraugus pirms apstrādes kondicionējot eksikātorā ar Zn(NO₃)₂ .6H₂O. Paraugu apstrāde notiek ar pētāmo aizsargsastāvu, atbilstoši konkrētā pretuguns sastāva tehniskai dokumentācijai (žāvēšana, apstrādes tehnoloģija). Lai noteiktu masas zudumus degšanas procesā, apstrādātos paraugus nosver, ievieto keramiskajā šahtā, kur temperatūra 5 minūšu laikā stabilizējusies 200±5 C⁰, paraugu iztur gāzes liesmā 2 minūtes. Atdzisušo paraugu nosver un nosaka parauga masas zudumus. Izmēģinājumu rezultātā pēc masas zuduma (%) nosaka pārklājuma uguns aizsargājošās īpašības, ņemot vērā tā pielietojuma veidu un atbilstoši iegūtiem rezultātiem. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 "Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes" Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā. Koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā nosaka trīs pretuguns aizsargājošās efektivitātes grupas. 1. grupa – masas zudums mazāks par 9% - aizsarglīdzekļi nodrošina grūti degošas koksnes iegūšanu, 2. grupa – masas zudums intervālā no9% līdz 25% - nodrošina grūti uzliesmojošas koksnes iegūšanu, 3. grupa – masas zudums lielāks par 25% - nenodrošina koksnes aizsardzību.

Koksnes impregnējošo sastāvu izstrādāšana

Izveidoti impregnējoši sastāvi uz 3,5,14 cinka borāta un noteiktas koncentrācijas etanolamīna un neorganisko sāļu bāzes (1.tab.). Liela nozīme ir neorganisko sāļu bāzes šķīdumiem, jo fosforu un slāpekli saturoši savienojumi arī darbojas kā liesmas slāpētāji. To darbības mehānisma pamatā ir pirolīzes procesa inhibēšana, koksnes paātrināta pāroģļošanās. Ar fosforskābes sāļiem saturošu

antipirēnu apstrādātās koksnes degšanas procesā gaistošo savienojumu sastāvā 6 reizes palielinās levoglukoziāna daudzums. Levoglukoziāns ir galvenais celulozes (koksnes) depolimerizācijas produkts, kuru veidošanos katalizē skābie reaģenti. Tādēļ antipirēnu impregnējošo sastāvu izveidošanai pH palielināšanai pievienots monoetanolamīns, kura pH ir 11.

Antipirēna šķīdumu sagatavošanā apstrādei, izmantots laboratorijā sintezētais 3,5,14 cinka borāts. Impregnēšanas koncentrāta izgatavošanas pamatā ir 3,5,14 cinka borāta šķīdināšana ūdenī pie +55°C, pievienojot 6N HCl, vides pH=5 un pēc tam pievienojot monoetanolamīnu.

1.tabula

Multifunkcionālo impregnējošo sastāvu pārbaudes uz priedes koksnes paraugiem
Results of tests of fire retardant solutions for pinewood

	Impregnējošās vielas konc.%	Parauga svars pirms apstrādes (g)	Parauga svars pēc apstrādes (g)	Parauga svars pēc dedzināšanas (g)	Masas zudums pēc dedzināšanas (g)	Uguns drošības klase
1.	Monoetanolamīns 25 Zn ₃ B ₁₀ O ₁₇ .14H ₂ O 6	136,0	139,6	124,6	15,0	2
2.	Monoetanolamīns 25 Zn ₃ B ₁₀ O ₁₇ .14H ₂ O 6	132,7	136,5	122,0	15,5	2
3.	Monoetanolamīns 10 Zn ₃ B ₁₀ O ₁₇ .14H ₂ O 6 (NH ₄) ₂ HPO ₄ 20	136,0	140,0	124,5	15,5	2

Ar nolūku paaugstināt ugunsdrošības klasi un izejot no iepriekšējiem pētījumiem, ka bora saturoši antipirēni savu darbību nodrošina kopā ar dažādiem neorganiskiem sāļiem (tā sauktais sinergisma efekts), antipirēna sastāvam pievienots (NH₄)₂HPO₄ 20% šķīdums, jo tas uzlabo un pastiprina antipirēna iesūkšanos koksnē. Iegūto koncentrātu pirms koksnes apstrādes atšķaida ar ūdeni (1:1). Sagatavotos priedes koksnes paraugus 150x60x30 mm mērcē antipirēna sastāvā 24 stundas un žāvē līdz konstantam svaram. Paraugi nodoti testēšanai Ugunsdzēsības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu nodaļā. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 2005 "Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes" Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā un atbilst 2. grupai, kas nodrošina grūti uzliesmojošas koksnes iegūšanu.

Multifunkcionālo piedevu izmantošana ūdens dispersijas krāsās

Svarīgākie uguns aizsargājošie materiāli ir organiskie pārklājumi, kas satur piedevas un uguns iedarbības rezultātā uz virsmas uzpūšas un pasargā koksni no tālākas uguns iedarbības. Uguns aizsargājošās piedevas iedalās 4 daļās: 1) polioli – organiski hidroksilsaturoši savienojumi ar nelielu oglekļa piedevu, 2) organiskās vai vielas, kas sadala skābes pie 100-250°C, 3) organiskie amīni un amīdi, 4) halģēnsaturoši savienojumi. Polioli savienojumu grupā visizplatītākie ir polifunkcionālie spirti, daļēji mono-, di-, tripenaeritrīts, mannīts, sorbīts, ciete, dekstrīns u.c. Pie skābajiem intergentiem pieder fosforskābe, tās ēsteri, borskābes un sērskābes sāļi, tai skaitā amonija sulfāts, bora sārmmetālu sāļi. Uguns aizsargājošo sastāvu kompozīcijās izmanto organiskus amīnus un amīdus kā urīnvielu, melamīnu u.c. Visizplatītākās halģēnsaturošās komponentes ir daudzas saistvielas, kā arī hlorparafīns. Degšanas procesā veidojoties pirolīzes produktiem, halģēnsaturošie savienojumi izdala halģēnsaturošas skābes, metālu halģēnīdus, kas ir toksiski, aktivizē korozijas procesu un veicina dūmu ekspansiju. Izstrādāta ūdens dispersijas krāsa, kuras sastāvdaļa toksiskais hlorparafīns, aizvietots ar netoksisku piedevu 3,5,14 cinka borātu [6-8]. Hlorparafīns krāsas sistēmā (Nr.1) darbojas kā putojošas masas veidošanās aģents uz koksnes virsmas degšanas procesā. Krāsa Nr.1 ar hlorparafīnu izstrādāta A/S "Biolar", krāsa Nr.2 ar 3,5,14 cinka borātu un multifunkcionālajām piedevām izveidota Neorganiskās ķīmijas institūtā koksnes materiālu aizsardzībai (2.tab.). Krāsās kā putojošos aģentus pielieto arī neorganiskos un organiskos sāļus, kas

sadalās pie temperatūras augstākas par 150°C un emitē gāzveida produktus – kalcija karbonāts, amonija sāļus, urīnvielu, amīnus u.c. Lai uzlabotu uguns aizsardzības efektivitāti, krāsai Nr.2 ar 3,5,14 cinka borātu, izveidoti 3 varianti: 1) koksnes paraugi apstrādāti ar 3,5,14 cinka dekaborātu (5%) un CaCO₃ (5%) saturošu krāsu, patēriņa norma 400-500 g/m²; 2) koksnes paraugi apstrādāti ar 3,5,14 cinka dekaborātu (5%) un (NH₄)₂SO₄ (5%) saturošu krāsu, patēriņa norma 400-500 g/m²; 3) koksne apstrādāta ar 3,5 14 tricinka dekaborātu (5%) un (NH₄)₂HPO₄: (NH₂)₂CO, 1:1, patēriņa norma 400-500 g/m².

2. tabula

Ūdens dispersijas krāsu Nr.1 un Nr.2 sastāvi
Compositions of water-dispersive paints Nr.1 and Nr.2

Ūdens dispersijas krāsa Nr.1 - 110 g	Ūdens dispersijas krāsa Nr.2 - 110 g
Dolpad filmer 5 g	Dolpad filmer 5 g
Hlorparafīns 25 g	Hlorparafīns -
3,5,14 cinka borāts -	3,5,14 cinka borāts 25 g
TiRO ₂ 30 g	TiRO ₂ 30 g
Phos cek 115 g	Phos cek 115 g
Dipentaeritrīts 42,5 g	Dipentaeritrīts 42,5 g
Melamīns 37,5 g	Melamīns 37,5 g
Mergal 0,5 g	Mergals 0,5 g
Neonols 0,5g	Neonols 0,5g
Byk 017 0,5 g	Byk 017 0,5 g
Bermakol EMK-200 0,4 g	Bermakol EMK-200 0,4 g
Ūdens 133,1g	Ūdens 133,1g
Kopā 550 g	Kopā 550 g

Krāsu sastāvu pārbaudes veiktas uz priedes koksnes paraugiem 150x60x30mm, iegūtie rezultāti parādīti 3.tabulā.

3. tabula

Pārbaudes rezultāti pārklājumam Nr.2 ar 3,5,14 cinka borātu uz priedes koksnes paraugiem
Results of tests of paint Nr.2 containing 3,5, 14 zinc borate

Impregnējošā viela		Paraugu masa, g			Paugu masas zudumi, g (%)	Uguns-izturības klase
Nosaukums	Piedevas konc., %	Pirms apstrādes	Pirms dedzināšanas	Pēc dedzināšanas		
Krāsa ar 3,5,14 tricinka dekaborātu un CaCO ₃	5	112,8	117,0	112,4	4,6 (3,93)	1
Krāsa ar 3,5,14 tricinka dekaborātu un (NH ₄) ₂ SO ₄	5	145,35	149,9	145,1	4,8 (3,2)	1
Krāsa ar 3,5,14 tricinka dekaborātu un (NH ₄) ₂ HPO ₄ : (NH ₂) ₂ CO, 1:1	5	107,2	116,6	108,8	2,8 (2,5)	1

Krāsu sastāvu uguns aizsardzības efektivitātes pārbaudes veiktas pēc LVS 238:2005 "Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes", Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu

laboratorijā. Pēc testēšanas laboratorijas datiem masas zudumi paraugiem atbilst 1. grupai un nodrošina grūti degošas koksnes iegūšanu.

Secinājumi

1. Izstrādāta tricinka dekaborāta tetradekahidrāta – $3\text{ZnO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (tekstā cinka borāts 3,5,14) sintēzes tehnoloģija, kas nodrošina sintēzes iznākumu 80-94% un sintēzes filtrāta izmantošanu bioaizsargājošos sastāvos koksnes virsmu apstrādei.
2. Izveidoti impregnējoši sastāvi uz 3,5,14 cinka borāta, etanolamīna un neorganisko sāļu bāzes. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 „Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes” Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā un atbilst 2. grupai, kas nodrošina grūti uzliesmojošas koksnes iegūšanu.
3. Ūdens dispersijas krāsā toksiskais hlorparafīns aizvietots ar 3,5,14 cinka borātu un neorganisko sāļu piedevām. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 „Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes” Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā un atbilst 1. grupai, kas nodrošina grūti degošas koksnes iegūšanu.

Literatūra

1. LeVan S.L., Winandy J.E. Effects of fire retardants treatments on wood strength. // Wood and Fiber Science. 1990, 22(1), pp.113.-131.
2. LeVan S.L., Tran H.C. The role of boron in flame-retardant treatment. // Forest and Research Society, 1990, pp. 39.-41.
3. Tsunda S. Preservative properties of vapor-boron-treated wood and wood- based compositions. // J. Wood Sci., V. 47, No 2, 2001, pp.149.-153.
4. Шварц Е., Белоусова Р. Получение боратов цинка и меди в едином технологическом цикле. // ЖПХ, 2006, 19, 6, с. 905.-907.
5. Borisova T., Belousova R., Ignaša R. Borselektīvā elektroda ar šķidro membrānu izgatavošana. // Starptautiskas zinātniskas konferences EcoBalt materiāli, 2006.gada 11.-12.maijā. - Rīga, 2006. – 93-94.lpp.
6. Belousova R., Zariņa I., Valdniece D. Jaunas uguns aizsargājošas netoksiskas kompozīcijas uz borātu un ūdens dispersiju bāzes. // Starptautiskas zinātniskas konferences EcoBalt materiāli, 2006.gada 11.-12.maijā. - Rīga, 2006. – 89-90.lpp.
7. Белоусова Р., Шварц Е., Зариня И., Валдниеце Д. Нетоксичные боросодержащие добавки для покрытий пониженной горючести. // Первая конференция по фильтрационному горению. Черногловка, 21-24 мая, 2007, с. 48
8. Белоусова Р., Шварц Е., Зариня И. Новые соли аннионных комплексов бора с пенеритритом. // Latvijas Ķīmijas žurnāls, 2008, 3, 219.lpp.

Zariņa I., Belousova R., Valdniece D. Multifunkcionāli boru saturoši sastāvi koksnes virsmas apstrādei.

Izstrādāta tricinka dekaborāta tetradekahidrāta- $3\text{ZnO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (tekstā cinka borāts 3, 5, 14). sintēzes jauna bezatkritumu iegūšanas tehnoloģija, kas nodrošina sintēzes iznākumu 80-94% un sintēzes filtrāta izmantošanu bioaizsargājošos sastāvos koksnes virsmas apstrādei. Izveidoti impregnējoši sastāvi uz 3,5,14 cinka borāta un noteiktas koncentrācijas etanolamīna un neorganisko sāļu bāzes. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 „Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes” Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā un atbilst 2. grupai, kas nodrošina grūti uzliesmojošas koksnes iegūšanu. Ūdens dispersijas krāsā toksiskais hlorparafīns aizvietots ar 3, 5,14 cinka borātu un neorganisko sāļu piedevām. Paraugi testēti pēc LVS 238:2005 „Koksnes aizsarglīdzekļi. Testēšanas metodes” Ugunsdrošības un civilās aizsardzības koledžas lietišķo pētījumu laboratorijā un atbilst 1. grupai, kas nodrošina grūti degošas koksnes iegūšanu.

Zarina I., Belousova R., Valdniece D. Non-toxic boron-containing additives for coverings wood surface of lower flammability.

The semi-commercial synthesis of trizinc dekaborate – 3,5,14 zinc borate ($\text{Zn}_3\text{B}_{10}\text{O}_{18} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$) has been elaborated. A new method for the 3,5,14 zinc borate production has been developed with the product output of

80-94%. The physicochemical properties of the above compound have been determined. 3,5,14 zinc borate possess fireproofing properties and on its basis the multifunctional fireproofing preservative material for protection of wood materials has been developed and has been tested at the laboratory of Fire service in accordance with standard LVS 238:2005 "Wood protection" and the it corresponds to the 2nd group of fire-resisting efficiency. The typical formulation of water-dispersive paints for foam coverings poreses the exchange of toxic chloroparaffin for zinc 3,5,14 zinc borate and inorganic salts. Water-dispersive paint with 3,5,14 zinc borate and inorganic salts has been developed and has been tested at the laboratory of Fire service in accordance with standart LVS 238:2005 "Wood protection" and the it corresponds to the 1st group of fire-resisting efficiency. (1st group – mass loss is below 9%). 3,5,14 zinc borate are effective in the absence of toxic halogens and antimony oxides and can be used for the production of ecologically safe systems of combustion retarders.

Зариня И., Белоусова Р., Валднице Д. Мультифункциональные борсодержащие добавки для составов пониженной горючестю.

Разработана новая безотходная технология синтеза бората цинка – 3,5,14 борат цинка ($3ZnO \cdot 5B_2O_3 \cdot 14H_2O$ – трицинкадекабората тетрадекагидрата) с выходом целевого продукта 80-94%. Для создания добавок замедлителей горения созданы импрегнирующие составы для древесины на базе 3,5,14 бората цинка и определенной концентрации этаноламина и неорганических солей. Полученные материалы проверялись согласно стандарту LVS 238:2005 „Защита древесины” и соответствует 2 классу , что обеспечивает получение труднозагорившейся древесины. В воднодисперсионной краске токсический хлорпарафин замещен 3,5,14 боратом цинка и добавками неорганических солей. Образцы проверялись по стандарту LVS 238:2005 „Защита древесины” и соответствует 1 группе, что обеспечивает получение трудно горящей древесины.