

## Влияние гидрофобизирующих составов на свойства тротуарной плитки

*Г.С. Айрапетян, Ю.Э. Васильев*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет  
(МАДИ)*

**Аннотация:** Показаны преимущества бетонной тротуарной плитки (БТП) перед асфальтовыми покрытиями. Выявлена проблема сохранения декоративности и долговечности БТП в связи с пористой структурой бетона. Установлена необходимость снижения капиллярного водонасыщения БТП, в том числе за счет применения гидрофобизаторов. Проведены полевые и лабораторные исследования ряда гидрофобизирующих препаратов. Охарактеризован порядок нанесения гидрофобизаторов и оценки свойств. Приведены результаты количественной и балльной оценки свойств БТП после нанесения препаратов. Определены гидрофобизаторы, максимально снижающие водонасыщение и водопоглощение БТП, повышающие стойкость к воздействию УФ-излучения, знакопеременных и повышенных температур и снижающие прочность на отрыв примороженного образца бетона.

**Ключевые слова:** тротуарная плитка, бетон, элементы мощения, декоративность, долговечность, пористость, капиллярное водонасыщение, гидрофобизирующий препарат, водопоглощение, прочность на отрыв.

Организация дорожных покрытий с применением бетонной тротуарной плитки (БТП) имеет преимущества в сравнении с традиционным асфальтовым покрытием по показателям ремонтпригодности, декоративности, экологичности и т.д. При укладке и ремонте БТП не требуется применение асфальтоукладчиков и дорожных катков, снижается трудоемкость и ресурсоемкость работ. Кроме того, отдельные элементы мощения могут заменяться или использоваться повторно, иметь различные цветовые решения, а компоненты материала плитки не оказывают существенной нагрузки на экологическое состояние внешней среды [1].

Проблемой сохранения декоративности и долговечности БТП является пористая природа бетона, что приводит к повышенному капиллярному водонасыщению. Интенсификация негативных физико-химических превращений в материале БТП происходит под влиянием температурных колебаний. Капиллярно-пористая структура материала плитки способствует сорбции жидкости, с последующим развитием микротрещин под давлением

---

воды в порах. Разрастание микротрещин усугубляется воздействием повышенных напряжений со стороны замерзающей жидкости в условиях отрицательных температур [2].

Физические изменения в элементах мощения от капиллярного воздействия влаги сопровождаются химическими превращениями в материалах. Так, взаимодействие воды с азотными и серными соединениями воздуха приводит к образованию соответствующих кислот, способных к реакции с функциональными группами материала БТП с образованием солей, что также ускоряет деструктивные процессы и нарушает декоративность внешних слоев покрытия [3]. Соответственно, актуальными являются исследования способов снижения пористости и капиллярного водонасыщения тротуарной плитки.

Решение проблемы снижения пористости тяжелых бетонов для изготовления элементов мощения рассматривается в ряде научных работ с точки зрения изменения состава и технологии получения материалов. Известны исследования по созданию бетонных композиций с уплотненной микро- и макроструктурой с применением вулканического туфа [4], микрофибр [5], зольных микросфер [6], стеклянных шариков [7]. Также возможно изготовление двухслойной плитки с уплотненным лицевым слоем за счет использования бетона повышенной прочности [8]. Однако при изменении состава и введении дополнительных компонентов в бетонные смеси проблемой остается усложнение и удорожание технологии получения БТП [9].

Соответственно, для повышения срока службы и сохранения декоративности БТП более эффективным и менее затратным способом является ее поверхностная обработка гидрофобизирующими составами после благоустройства мощеной территории [10]. Целью данной статьи является представление результатов сравнительных испытаний гидрофобизирующих препаратов и их влияния на свойства БТП.

---

Опытно-производственные работы по гидрофобизации БТП проводились на территории Московского автомобильно-дорожного государственного университета (МАДИ). При этом исследовались 5 гидрофобизирующих составов, наносимых согласно рис. 1.

Компании, представившие гидрофобизирующие препараты для экспериментальных исследований, самостоятельно наносили их на поверхность БТП. Препарат №3 распределялся по поверхности покрытия с применением малярного валика, препараты №1,2, 4,5 наносились распылением с помощью пульверизаторов.

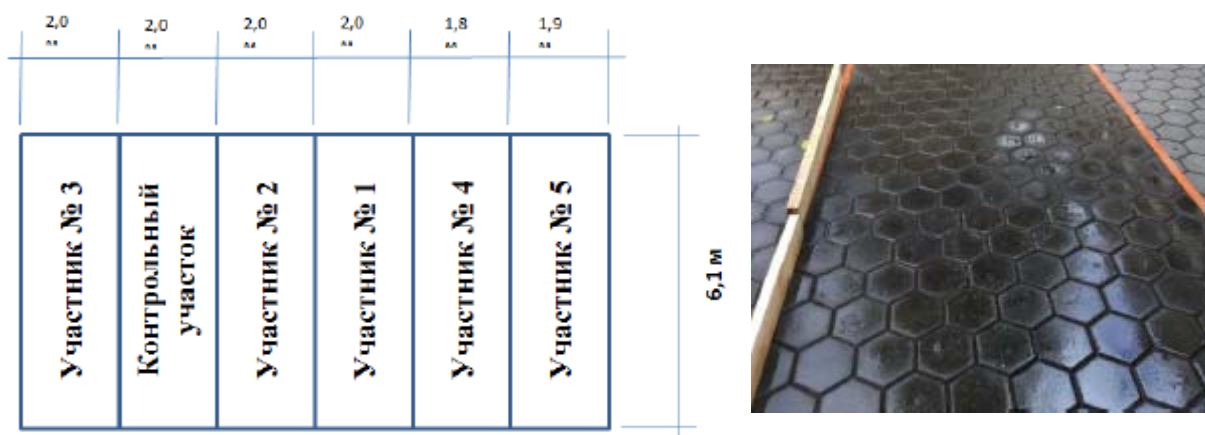


Рис. 1. – Схематичное (слева) и наглядное (справа) изображение экспериментальных участков БТП

Препараты № 1-4 согласно представленной нормативной документации относятся к 4 классу опасности (вещества малоопасные), состав № 3 – к 3 классу опасности (вещества умеренно опасные) по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

В полевых условиях производилась оценка водопоглощения с применением трубки Карстена. Кроме того, осуществлялось примораживание бетонных образцов размером 5,0x5,0 см к поверхности БТП, при температуре – 4 °С с последующим измерением усилия отрыва, для

условного моделирования процессов образования и удаления ледяной корки с поверхности плитки.

Для лабораторной оценки влияния гидрофобизирующих препаратов на свойства БТП были дополнительно обработаны бетонные образцы плитки размером 10x10 см, представленные ГБУ «Автомобильные дороги». Аналогично полевым исследованиям, компании, предоставившие препараты, самостоятельно наносили их на лабораторные образцы. В обоих случаях расход гидрофобизаторов на покрытие участков и образцов осуществлялся согласно нормативной документации.

В ходе лабораторных испытаний образцов оценивалось их капиллярное водонасыщение (КВ) до и после применения гидрофобизирующих препаратов. Дополнительно у обработанных гидрофобизаторами образцов определяли КВ после:

- выдерживания в условиях знакопеременных температур, после трех циклов замораживания-оттаивания;
- воздействия ультрафиолетового (УФ) излучения;
- выдерживания плитки в условиях повышенной температуры (при 60 °С в течение 24 часов).

Результаты полевых и лабораторных испытаний представлены в табл. 1.

Согласно табл. 1 водонасыщение обработанной гидрофобизаторами БТП снижается, с максимальным понижением на 30% при использовании препарата №1. Для первого гидрофобизатора также отмечены наименьшие значения водонасыщения после 3 циклов попеременного замораживания и оттаивания, воздействия УФ излучения и повышенных температур. Однако снижение водопоглощения, оцененное с применением трубки Карстена, более выражено для гидрофобизатора № 2, а прочность на отрыв примороженного бетонного образца максимально снижается при использовании препарата № 3 - в 2,3 раза.

---

Таблица № 1

## Влияние гидрофобизаторов на свойства БТП

Параметры	Образцы					
	Контроль	№1	№2	№3	№4	№5
КВ БТП, %	8,8	6,04	6,6	7,09	7,87	6,64
КВ обработанной БТП, после 3 циклов попеременного замораживания – оттаивания, %		5,89	6,39	6,91	7,61	6,33
Изменение КВ обработанной БТП, после 3 циклов попеременного замораживания – оттаивания, %		0,15	0,21	0,18	0,26	0,31
КВ обработанной БТП после воздействия УФ-излучения, %		5,77	6,42	6,78	7,76	6,52
Изменение КВ обработанной БТП после воздействия УФ-излучения, %		0,27	0,18	0,31	0,11	0,12
КВ обработанной БТП после воздействия повышенных температур, %		5,8	6,31	6,7	7,4	6,1
Изменение КВ обработанной БТП после воздействия повышенных температур, %		0,24	0,29	0,39	0,47	0,54
Водопоглощение методом Карстена мл/2 часа	450	439	428	437	444	441
Прочность на отрыв примороженного образца бетона, Н/мм <sup>2</sup>	42	27	28	18	34	35

Необходимо отметить, что в процессе полевых испытаний, после нанесения гидрофобизаторов № 3 и № 5 на исследуемые участки, наблюдалось образование следов соли, которые постепенно, в течение месяца, исчезали по мере эксплуатации участков.

В связи с тем, что исследуемые свойства неоднородно изменяются при использовании гидрофобизаторов, произведена балльная оценка и ранжирование полученных в табл. 1 результатов для выбора оптимальных

препаратов по показателям водонасыщения, водопоглощения, прочности на отрыв и выделения соли на поверхности БТП.

При этом гидрофобизирующему препарату с наилучшими показателями по результатам экспериментальных исследований присваивалось 5 баллов, с наименее выраженными изменениями – 1 балл, с присвоением от 2 до 4 баллов композициям с промежуточным уровнем изменений. Результаты комплексной балльной оценки эффективности гидрофобизирующего воздействия анализируемых препаратов приведены в табл. 2.

Таблица № 2

Балльная оценка влияния гидрофобизаторов на свойства БТП

Параметры	Образцы				
	№1	№2	№3	№4	№5
Изменение КВ обработанной БТП, %	5	4	1	2	3
Изменение КВ обработанной БТП, после 3 циклов попеременного замораживания – оттаивания, %	5	4	3	2	1
Изменение КВ обработанной БТП после воздействия УФ-излучения, %	5	3	1	4	2
Изменение КВ обработанной БТП после воздействия повышенных температур, %	5	3	4	2	1
Водопоглощение методом Карстена мл/2 часа	4	5	3	1	2
Прочность на отрыв примороженного образца бетона	4	3	5	2	1
Выделение соли на поверхности покрытия	4	4	2	4	1
<b>ИТОГОВЫЙ БАЛЛ</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>11</b>

Таким образом, по совокупности результатов проведенных испытаний наиболее эффективными следует признать препараты № 1, и № 2. Выявлены основные преимущества использования гидрофобизаторов, а именно, снижение водонасыщения и водопоглощения БТП, повышение стойкости к воздействию знакопеременных и повышенных температур и снижение



прочности примораживания, косвенно отражающей адгезию ледяной корки к поверхности БТП.

### Литература

1. Костиков Ю.Б. Мощение. Практическое руководство. Санкт-Петербург: ОАО «Ленстройдеталь», 2009. 80 с.

2. Василенко А.И., Фурсова И.Н. Исследование конденсации влаги на наружной поверхности ограждающей конструкции в зимний период в условиях резкого потепления // Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4625.

3. Когда зима тротуарной плитке не страшна // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. №12. С. 21.

4. Бычков М.В. Самоуплотняющиеся бетоны пониженной плотности с применением вулканического туфа // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1775.

5. Маилян Л.Р., Маилян А.Л., Айвазян Э.С. Конвейерная технология фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1781.

6. Лотошникова Е.О. Физико-химические исследования микро- и макроструктуры бетонов жесткого прессования с демпфирующей добавкой зольных микросфер // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2092.

7. Pancar E.B., Akpınar M.V. Temperature Reduction of Concrete Pavement Using Glass Bead Materials // International Journal of Concrete Structures and Materials. 2016. Vol.10. №1. pp. 39–46.

8. Wetzel A., Piorowski S. Paving slabs with UHPC face concrete // 4th International Symposium on Ultra-High Performance Concrete and High



Performance Construction Materials. Kassel. 2016. Vol.4. URL: [researchgate.net/publication/298723117\\_Paving\\_slabs\\_with\\_UHPC\\_face\\_concrete](https://researchgate.net/publication/298723117_Paving_slabs_with_UHPC_face_concrete).

9. Малюкова М.В. Вибропресованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей: дис. канд. техн. наук: Белгород, 2014. 207 с.

10. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н. Пособие по гидрофобизации строительных конструкций и изделий. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. 45 с.

### References

1. Kostikov Yu.B. Moshchenie. Prakticheskoe rukovodstvo [Paving. A Practical Guide]. Sankt-Peterburg: Lenstroydetal, 2009. 80 p.

2. Vasilenko A.I., Fursova I.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4625](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4625).

3. Kogda zima trotuarnoy plitke ne strashna. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2010. №12. p. 21.

4. Bychkov M.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1775](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1775).

5. Mailyan L.R., Mailyan A.L., Ayvazyan E.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1781](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1781).

6. Lotoshnikova E.O. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2092](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2092).

7. Pancar E.B., Akpınar M.V. Temperature Reduction of Concrete Pavement Using Glass Bead Materials. International Journal of Concrete Structures and Materials. 2016. Vol.10. №1. pp. 39–46.

8. Wetzel A., Piorowski S. 4th International Symposium on Ultra-High Performance Concrete and High Performance Construction Materials. Kassel. 2016. Vol.4. URL: [researchgate.net/publication/298723117\\_Paving\\_slabs\\_with\\_UHPC\\_face\\_concrete](https://researchgate.net/publication/298723117_Paving_slabs_with_UHPC_face_concrete).





9. Malyukova M.V. Vibropresovannye plity betonnye trotuarnye s polifunktsional'noy matritsey [Vibro-pressed concrete paving slabs with polyfunctional matrix]. Phd tesic: Belgorod, 2014. 207 p.

10. Voytovich V.A., Khryapchenkova I.N. Posobie po gidrofobizatsii stroitel'nykh konstruktsiy i izdeliy [Manual for the hydrophobization of building structures and products]. N. Novgorod: NNGASU, 2016. 45 p.