

# К изучению экологических особенностей антропогенных дорог на урбанизированных территориях

## To the study of ecological features of anthropogenic roads in urbanized territories

**Тимофеев А.Н.**

Канд. биол. наук, доцент кафедры экологического образования Воронежского государственного педагогического университета  
e-mail: [www72@bk.ru](mailto:www72@bk.ru)

**Timofeev A.N.**

PhD, Associate Professor, Department of Environmental Education, Voronezh State Pedagogical University  
e-mail: [www72@bk.ru](mailto:www72@bk.ru)

### **Аннотация**

Урбаэкологические исследования, в задачу которых входит изучение взаимосвязей организмов между собой и неживой природой в городских поселениях, предполагают, кроме всего прочего, детальное изучение специфических строительных материалов для антропогенных дорог и влияние их компонентов на городскую биоту. Поверхность земли в населенных пунктах имеет твердое покрытие, представленное асфальтом или бетонной плиткой. В сравнении с асфальтом, бетонное покрытие меньше нагревается в жаркий период, не размягчается и меньше выделяет вредных веществ. Технология укладки плиточного покрытия предполагает наличие межплиточных швов. Это пространство часто заселяется растениями и сопутствующими им беспозвоночными организмами. Их изучение сопряжено с определенными трудностями, одной из которых является вычисление площади межплиточного пространства, заселенного организмами. Для этой цели нами получена универсальная формула и алгоритм вычисления площади, которые приводятся в статье.

**Ключевые слова:** твердые дорожные покрытия, урбаэкологические исследования, растения на дорогах.

### **Abstract**

Urban ecological studies, whose task is to study the relationships between organisms and inanimate nature in urban settlements, involve, among other things, a detailed study of specific building materials for anthropogenic roads and the influence of their components on urban biota. The surface of the earth in settlements has a hard surface, represented by asphalt or concrete tiles. Compared to asphalt, concrete pavement heats up less during a hot period, does not soften and emits less harmful substances. The technology of laying the tiled coating assumes the presence of tile joints. This space is often populated by plants and their accompanying invertebrate organisms. Their study is associated with certain difficulties, one of which is the calculation of the area of the inter-tile space inhabited by organisms. For this purpose, we have obtained a universal formula and an algorithm for calculating the area, which are given in the article.

**Keywords:** hard road surfaces, urban-ecological studies, plants on the roads.

Изучение экологических особенностей поселений человека получило свое активное развитие в середине прошлого столетия сначала за рубежом, преимущественно в Германии, а затем и у нас в стране [1; 2]. Масштабным экологическим исследованиям были подвергнуты г. Москва и Московская область, позднее – города других регионов страны [2]. Среди многочисленных направлений урбэкологических исследований особо выделяется изучение представителей наземной флоры и фауны, распространенных на трансформированных грунтах и подверженных сильному антропогенному прессингу.

Поверхность земли в населенных пунктах, преимущественно городских территорий, покрыта тротуарной плиткой, которая, в зависимости от технологии изготовления, может быть полимерпесчаной, вибропресованной из сухих смесей или вибролитой. Лучшее качество тротуарной плитки легче достигается при использовании вибролитьевого метода. На сегодняшний день технологию производства тротуарной плитки методом вибролитья в пластиковых формах с использованием пластифицирующих добавок используют более, чем в ста городах России. Производителей полимерпесчаной плитки не так много. Это объясняется достаточно высокой себестоимостью производства и дороговизной сырья.

Новые строительные материалы и технологии, используемые при благоустройстве поселений человека, не всегда оказываются приемлемыми в экологическом аспекте. Производство тротуарной плитки включает использование бетона, как основного содержательного компонента, для приготовления которого обычно используют портландцемент. Для повышения морозостойкости, прочности и улучшения технологических свойств бетона в бетонную смесь вводят комплексную добавку, содержащую пластифицирующий компонент. Изготовление цветного декоративного бетона невозможно без применения пигментов, устойчивых к щелочной среде цемента, свето- и атмосферостойких, нерастворимых в воде. Этим требованиям лучше других отвечают неорганические оксидные пигменты. Количество пигментов, добавляемых в бетон, составляет 2-5% – для пигментов с хорошей красящей способностью (выпускаемых, например, немецкой фирмой Байер) и до 8% – для пигментов с более низкой красящей способностью (выпускаемых в основном отечественными производителями). Увеличение количества пигментов в бетоне приводит к снижению прочности, морозостойкости и т.д. тротуарной плитки. При испарении избытка воды в бетоне, при его затвердении, остаются мелкие поры, влияющие на свойства самого бетона и на цветопередачу (рассеивание света и «просветление» бетона). В производстве полимерпесчаной плитки в качестве связующего компонента, вместо цемента, используются полимеры. Сухой и просеянный песок смешивается и нагревается с агломератом ПВД и дальше прессуется под большим давлением. Здесь также используются неорганические пигменты. На сколько же «экологичны» компоненты, входящие в состав плиточного производства?

Цемент (портландцемент). Наиболее распространенные марки: ПЦ 500 Д-0; ПЦ 500 Д-20; ПЦ 400 Д-0; ПЦ 400 Д-20. Портландцемент марки 400 без добавок (ПЦ 400 Д-0, ГОСТ 10178-85) – цемент предназначен для бетонных и железобетонных монолитных конструкций, для изготовления сборного железобетона, а также для использования во всех видах промышленного и гражданского строительства. Портландцемент марки 400 с минеральными добавками (ПЦ 400 Д-20, ГОСТ 10178-85) – как цемент общественного назначения применяется для подготовки кладочных растворов и бетонов.

Портландцемент марки 500 без минеральных добавок (ПЦ 500 Д-0, ГОСТ 10178-85) – согласно строительным нормам и правилам, портландцемент данной марки используется для изготовления сборных железобетонных конструкций и гидротехнических сооружений, которые находятся в пресной воде. Кроме того, этот вид цемента применяется в производстве наружных частей монолитного бетона массивных сооружений. Сульфатостойкий портландцемент марки 400 с минеральными добавками (ССПЦ 400 Д-20, ГОСТ 22266-94) – строительными нормами и правилами рекомендуется использовать сульфатостойкий портландцемент в изменчивых средах, а именно при попеременном замораживании и оттаивании. Это обусловлено увлажнением и высыханием цементного камня. Применяется также как цемент общественного назначения. Белый цемент – достойная основа для цветного и белого декоративного бетона. Его белизна доходит до 75% – у отечественных и до 96% – у высококачественных импортных цементов. В последние годы этот материал все уверенней входит в отечественную строительную практику. Все эти марки цемента в том или ином качестве и количестве могут использоваться разными производителями при изготовлении тротуарной плитки.

Неорганические оксидные пигменты. При использовании ассортимента красителей, предлагаемых ведущими производителями, можно получить цветной бетон практически любых оттенков. Наиболее распространенным типом пигмента является окись железа. Пигменты на ее основе экономичны, долговечны. Также широко доступны минеральные пигменты – соли и окиси титана, кобальта, меди, хрома и прочих природных минералов. По своей природе железные окиси «грязные». Они содержат токсичные металлы, такие как мышьяк, ртуть, сурьма. Оксиды обеспечивают отличную насыщенность цвета и, имея всего четыре «базовых» колера: черный, желтый и два красных (с оттенками желтого или голубого), позволяют достичь практически любого требуемого цвета. Для получения зеленого пигмента используется окись хрома, а для голубого – кобальт. Появление широчайшего спектра в раскраске бетона достигается смешиванием базовых оттенков. Применяют и другие природные материалы, такие как каолины, обманки и т.д. в количестве до 6% от цементной массы. Но многие популярные и экономные оттенки могут быть получены при значительно меньшей дозировке – около 1%. Как уже было сказано выше, пигменты содержат тяжелые металлы, которые в свою очередь могут вызывать аллергические реакции у некоторых людей (например, никель). Очень часто, также, возникают аллергические реакции на сульфат кадмия, который, в свою очередь, присутствует в пигментах красного цвета. В продукции многих зарубежных и некоторых отечественных производителей вредные примеси сведены к минимуму. Например, фирма Байер (Германия) гарантирует экологическую чистоту выпускаемых ею неорганических красителей и неизменность их цвета в течение 35 лет.

Полимеры – под бетонами особо выразительной структуры подразумевается материал, позволяющий сообщить необычную свежесть и оригинальность готовым изделиям своей идеально ровной поверхностью. С этой целью для придания большей художественной неповторимости формам и элементам изделий используют специальные приемы на стадии укладки и формирования, или же после их изготовления. Так, для получения гладких лицевых поверхностей и недопущения на них «целлюлита» с образованием пор применяют особые формы в виде включений из полимеров (поликарбонаты, силиконовые каучуки и др.). А для гарантии идеального заполнения раствором форм сложной конфигурации используют глубинные вибраторы или специальные пистолеты для приготовления и укладки смеси. Агломерат ПВД – полиэтилен

высокого давления – является основным из полимерных компонентов, используемых в производстве тротуарных плит.

Песок – оказывает влияние на внешний вид изделий из бетона, так как определяет условия созревания цементного теста.

Вода – используется в большом количестве при подготовке бетонной смеси. От соотношения воды, песка и цемента зависит качество получаемой плитки, ее прочность, морозоустойчивость и т.д. Жесткие требования, предъявляемые к тротуарной плитке, включают следующие критерии: морозостойкость – не менее 200 циклов замораживания и оттаивания; прочность – не менее 30 Мпа; водопоглощение – не более 5%; истираемость – не более 0,7 г/см<sup>2</sup>.

Технология укладки тротуарных плит предполагает изменение природной поверхности почвы, привнесение несвойственных данной местности строительных материалов. Это, бесспорно, влечет за собой экологический дисбаланс природной среды, проявляющийся в изменении свойств самой почвы и состава обитающих в ней животных, а также трансформацию растительного покрова и отдельных частей растений.

Тротуарные плиты укладывают на песчаные, щебеночные или бетонные основания (рис. 1). Вид основания и его толщина зависит от условий эксплуатации покрытия, толщины плит и определяется проектом строительства. В общем случае технология укладки тротуарных плит следующая: 1. Выемка дерна на глубину около 150 мм. 2. Продольная и поперечная планировка застилаемой поверхности с соблюдением технологических уклонов для стока воды. 3. Трамбовка, укатка или виброуплотнение поверхности земляного полотна. 4. Очистка канавок для бортового камня. 5. Трамбование дна канавок и отсыпка 50 мм слоя песка на дно канавок. 6. Установка в канавку бортового камня на бетонную подушку. 7. Застилка земляного полотна геотекстилем, для предотвращения деформации дорожного полотна (применяется в слабых пучинистых грунтах). 8. Отсыпка застилаемой поверхности щебнем фракции 5-20 мм толщиной слоя 100-200 мм (при условии заезда автотранспорта) с последующим поливом поверхности водой и трамбовкой. В непучинистых грунтах без заезда грузовых автомобилей допустима отсыпка крупным слегка увлажненным песком с толщиной слоя 100-150 мм. 9. Тротуарные плиты укладываются на подстилающий слой и утрамбовываются. 10. По поверхности уложенных плит рассыпается сухая смесь и распределяется по щелям. 11. Поверхность, уложенная бетонными плитами, тщательно очищается от остатков сухой смеси и поливается вдоль щелей небольшим количеством воды из лейки.

Как видно из описания процесса плиточной укладки в представленной технологии есть экологически позитивные и негативные моменты. Так, например, снятие верхнего слоя почвы, в частности дерна, толщиной 15-20 см уничтожает не только растительность данной территории, но и основную массу педобионтов, так как известно, что 90% всех почвенных животных сосредоточено в верхнем 20-сантиметровом слое почвы [3; 4; 5]. Изменение качественного и количественного состава почвенных беспозвоночных животных отрицательно скажется на физико-химических свойствах почвы, повлечет за собой деградацию почвенного покрова. Трамбовка или виброуплотнение поверхности земляного полотна, предусмотренные в пунктах 3 и 5 описанной выше технологии, также отрицательно повлияет на структуру почвы, а значит и на ее обитателей. При уплотнении почв наблюдается уменьшение порозности, газообмена, водопроницаемости, наблюдаются закисные явления и обеднение видового состава почвенной биоты.

К положительным моментам следует отнести то, что в летнее время нагрев покрытия из плитки значительно меньше, чем из темного асфальта; при этом плиточное покрытие не размягчается и не выделяет летучих веществ. В сравнении с асфальтовым полотном плиточное покрытие меньше нарушает естественную потребность зеленых насаждений в водо- и газообмене, что сравнительно благоприятно сказывается на экологии окружающего пространства. Таким образом, современные строительные материалы могут оказывать как отрицательное, так и положительное воздействие на близлежащие экосистемы, что необходимо учитывать при их использовании.

Часто при урбэкологических исследованиях возникает необходимость вычисления площади межплиточного пространства, являющегося средой обитания для разнообразных представителей флоры и фауны (рис. 2).

Для вычисления исследуемой площади межплиточного пространства, мы предлагаем универсальную расчетную формулу, позволяющую без применения сложных измерений определить искомую величину. При вычислении площади межплиточного пространства на исследуемом участке (рис. 3) необходимо изначально располагать следующими данными: 1) знать размеры исследуемого участка (ширину –  $a$  и длину –  $b$  сторон, если он прямоугольный или квадратный, в последнем случае  $a = b$ ); 2) знать размеры одной плитки (ширину –  $c$  и длину –  $d$  сторон, если она прямоугольная или квадратная, в последнем случае  $c = d$ ); 3) количество всех плит, примыкающих к одной стороне  $a$  участка (по ширине); 4) количество всех плит, примыкающих к одной стороне  $b$  участка (по длине).

С учетом имеющихся данных, определяется общая площадь исследуемой территории:

$$K = ab;$$

где  $K$  – общая площадь исследуемого участка,  $a$  и  $b$  – размер сторон участка.

Затем рассчитывается площадь одной тротуарной плитки:

$$M = cd;$$

где  $M$  – площадь одной плитки,  $c$  и  $d$  – размер сторон плитки.

Определяется количество всех плиток на исследуемом участке:

$$N = L_a F_b;$$

где  $N$  – количество плиток на исследуемом участке,  $L_a$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $a$  исследуемого участка,  $F_b$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $b$  исследуемого участка.

Рассчитывается общая площадь всех тротуарных плит исследуемого участка по формуле:

$$D = NM = L_a F_b cd;$$

где  $D$  – общая площадь всех тротуарных плит,  $N$  – количество плит на участке,  $M$  – площадь одной плитки,  $L_a$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $a$  исследуемого участка,  $F_b$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $b$  исследуемого участка,  $c$  и  $d$  – размер сторон плитки.

И, наконец, общая площадь межплиточного пространства исследуемого участка или общая площадь межплиточных швов вычисляется по формуле:

$$S = K - D = ab - L_a F_b cd;$$

где  $S$  – общая площадь межплиточного пространства,  $K$  – общая площадь исследуемого участка,  $D$  – общая площадь всех тротуарных плит,  $a$  и  $b$  – размер сторон исследуемого участка,  $L_a$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $a$  исследуемого участка,  $F_b$  – количество плиток, прилегающих к стороне  $b$  исследуемого участка,  $c$  и  $d$  – размер сторон плитки.

Таким образом, используя полученную формулу, можно легко рассчитать общую площадь межплиточного пространства, заселенного организмами, практически для любой территории.

### Литература

1. *Негробов О.П.* Экологические проблемы оптимизации и управления городской средой. Экология города./ О.П. Негробов, Д.М. Жуков, Н.В. Фирсова. – Воронеж: Изд.-во Воронежского государственного университета, 2000. – 272 с.

2. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны. / Б. Клауснитцер. – Москва: Мир, 1990. – 246 с.

3. *Стриганова Б.Р.* Изменения структуры и биоразнообразия животного населения почвы на лесостепной катене в Центральной России. / Б.Р. Стриганова. // Экология. – 1995. – № 2. – С. 191-208.

4. *Тимофеев А.Н.* Распределение педобионтов по почвенным горизонтам в околородных биогеоценозах Воронежской области. / А.Н. Тимофеев. // Актуальные вопросы экологии и охраны природы водных экосистем и сопредельных территорий. – Краснодар, 1995. – Ч. 1. – С. 180-183.

5. *Тимофеев А.Н.* К изучению фауны почв Хреновского бора. / А.Н. Тимофеев, О.П. Негробов. // Состояние и проблемы экосистем Среднего Подонья. – Воронеж, 1995. – Вып. 7. – С. 51-65.



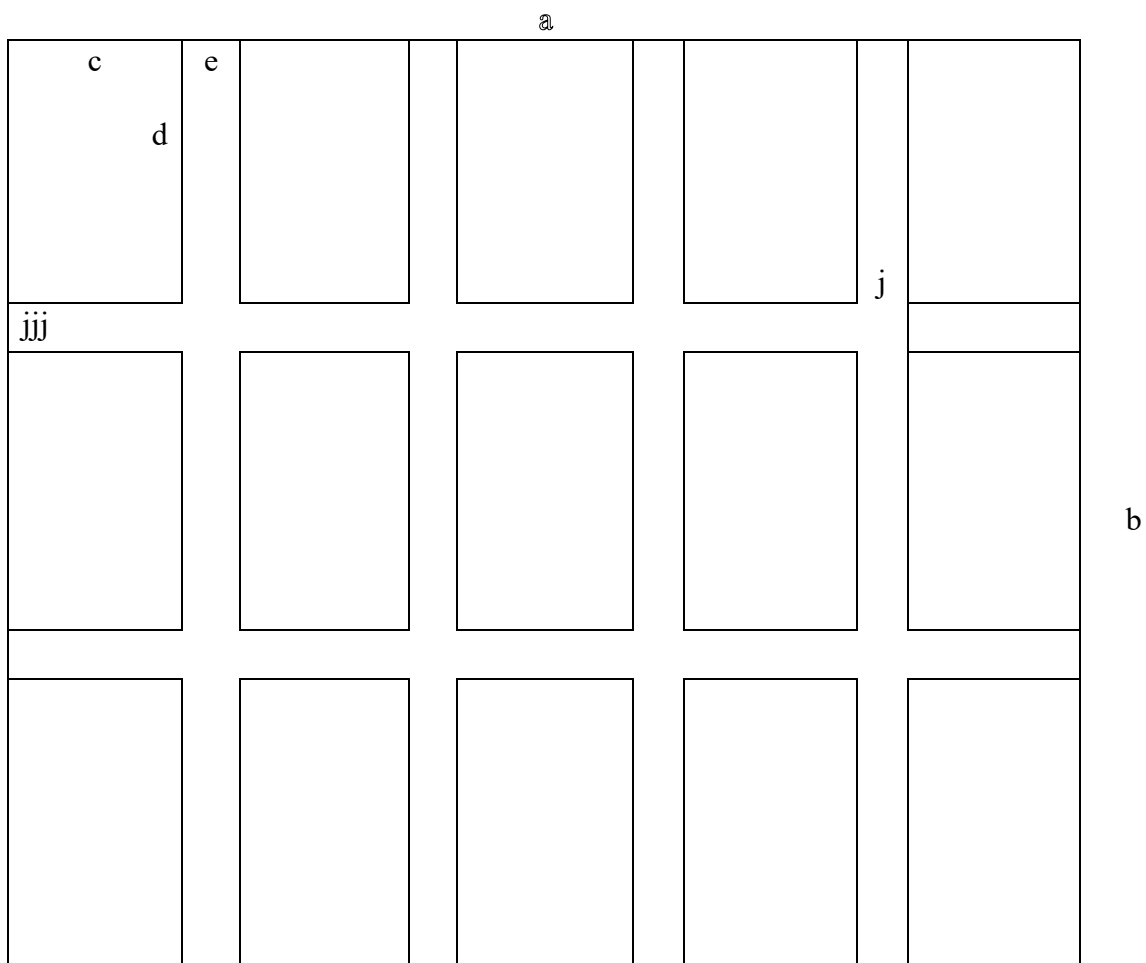




**Рис. 1.** Технология укладки тротуарной плитки и бордюрного камня (фото автора)



**Рис. 2.** Межплиточное пространство, заселенное разнообразными представителями флоры и фауны (фото автора)



**Рис. 3.** Схема расположения искусственного покрытия из бетонных тротуарных плит: а – ширина исследуемого участка; б – длина исследуемого участка; с – ширина тротуарной плитки; д – длина тротуарной плитки; е – ширина межплиточного шва; j – перекресток межплиточных швов (пояснение в тексте).