

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 711+

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ И ЗАДАЧИ СОХРАННОСТИ ИСТОРИКО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ

© 2023 г. Е. Л. Беляева<sup>1,\*</sup>, П. И. Кашперюк<sup>2,\*\*</sup>, Б. Г. Могинов<sup>3</sup>, И. П. Резяпкин<sup>4,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>ООО “Институт геобиосферных исследований” (ИГБИ),  
Анненский проезд, 12, Москва, 127521 Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет “Московский государственный строительный университет”  
(НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, 26, Москва, 129337, Россия

<sup>3</sup>ФГУП “Центральные научно-реставрационные проектные мастерские” Минкультуры России,  
ул. Школьная, 24, Москва, 109544 Россия

<sup>4</sup>ООО “Геокаркас”, ул. Елецкая, 22/25, Москва, 115583 Россия

\*E-mail: igbi@yandex.ru

\*\*E-mail: npf-sivs@yandex.ru

\*\*\*E-mail: from.work055@gmail.com

Поступила в редакцию 18.10.2022 г.

После доработки 13.01.2023 г.

Принята к публикации 30.01.2023 г.

В статье приведены обзор литературных источников, анализ примеров и фактических данных, подтверждающих влияние факторов благоустройства на состояние объектов культурного наследия. Из них наиболее значимы по воздействию на геологическую среду и соответственно на сохранность памятников архитектуры мероприятия по вертикальной планировке и водоотведению. В условиях высокоплотной застройки неудовлетворительное благоустройство может стимулировать процессы подтопления территорий, суффозии и карста, а также техногенного изменения свойств грунтов, утрату несущей способности оснований и фундаментов. У памятников архитектуры и исторических зданий могут наблюдаться подтопление подвалов, “замокание” стен, образование трещин на фасадах. Исследование обобщает наблюдения и результаты, полученные авторами – представителями различных специальностей (инженеры, геолог, архитектор-реставратор) на различных этапах их творческой деятельности, и учитывает многолетний опыт ООО “ИГБИ” по проектированию благоустройства на исторических территориях Москвы. Рассмотрены и предложены для практического применения на исторических территориях некоторые инженерные решения, приемы и материалы, позволяющие улучшить геоэкологическую обстановку и обеспечить инженерную защиту памятников архитектуры.

**Ключевые слова:** техногенез геологической среды, исторические территории, сохранность культурного наследия, благоустройство, водоотведение, подтопление, разрушение памятников архитектуры, геоэкологические изыскания и мероприятия

DOI: 10.31857/S0869780923020029, EDN: TVVSBW

#### ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то что практически повсеместно на территориях исторических городов под влиянием недостатков благоустройства наблюдается прогрессирующий техногенез геологической среды и подземных вод, что может вести к разрушению памятников архитектуры и исторически ценной застройки, данная проблематика остается малоизученной. Учитывая огромный масштаб работ по благоустройству исторических территорий, который планируется выполнить по национальным проектам и муниципальным программам, исследования

этого направления для совершенствования методики проектирования и инженерных изысканий, как объективной основы выработки проектных решений, весьма актуальны. Для исторических территорий городов, включающих памятники архитектуры и ценную застройку, необходимы специализированные методики проектирования и инженерно-экологических изысканий, геоэкологического мониторинга, включающие мероприятия по обеспечению сохранности объектов культурного наследия.

Выполненное междисциплинарное исследование является примером того, что для решения

актуальной практической задачи учета геоэкологических требований для обеспечения тем самым сохранности культурного наследия, объединили свои усилия специалисты нескольких направлений и дисциплин – в области градостроительства, геологии и геоэкологии, архитектуры и реставрации культурного наследия, инженерного проектирования и геотехники. Это стало возможным благодаря убежденности авторов настоящей статьи в необходимости принятия срочных мер для обеспечения сохранности памятников архитектуры и исторически ценной застройки на территориях городов. Исследование выполнено на примере объектов, расположенных в Москве. При этом главной парадигмой исследования всеми авторами признано то, что обеспечение сохранности культурного наследия – актуальная геоэкологическая проблема на исторических территориях городов и поселений, которая недостаточно учитывается при их благоустройстве.

Авторы подтверждают формирование в почвогрунтах в пределах исторической застройки специфичной по свойствам геологической среды из-за просчетов благоустройства и недостатков водоотведения, ускорение процессов разрушения оснований и фундаментов, подтопления зданий, “замокания” стен, разрушения и утраты декоративных качеств ценных фасадов. В статье приводятся материалы фотофиксации, выполнявшейся при маршрутных натурных исследованиях в 2022 г. на объектах культурного наследия Москвы, где под влиянием “благоустройства” сложились вышеречисленные проблемные ситуации.

При проектировании благоустройства на исторических территориях предлагается проводить специальные инженерные изыскания и при этом учитывать геологические, гидрогеологические, геоэкологические особенности объектов благоустройства и зоны возможного влияния работ. Рекомендовано включение перечисленных факторов в состав и содержание инженерных изысканий в качестве обязательных для обоснования проектов благоустройства на исторических территориях. Проведение натурных исследований и изысканий должно дополнить недостаточно востребованное информационное обеспечение, разработанное для градостроительного проектирования в Москве. И именно в таком сочетании информационное обеспечение проектирования благоустройства станет достаточным для разработки мероприятий по обеспечению сохранности культурного наследия.

В статье рассмотрены и предложены для практического применения на исторических территориях некоторые инженерные решения, приемы и материалы, позволяющие улучшить геоэкологическую обстановку, обеспечить инженерную защиту памятников архитектуры. Рекомендовано

применение геосинтетических материалов, расчетами обоснованы конструкции дорожных одежд с их использованием.

### АКТУАЛЬНОСТЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМАТИКИ ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ

По опыту инженерных изысканий и разработки проектной документации на благоустройство исторических территорий в Москве [1–3], исходя из состава и содержания нормативных документов по комплексному благоустройству в Москве, можно утверждать, что требованиям, связанным с сохранностью культурного наследия, не уделяется достаточного внимания; специальные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для проектирования благоустройства, как правило, не проводятся, а инженерно-экологические выполняются исключительно в объеме определения химического, биологического и радиационного загрязнения почв (при необходимости водных объектов) для обоснования мероприятий по озеленению и охране окружающей среды.

Между тем, по практике и оценке результатов работ проектировщикам благоустройства, выполняющим работы на исторических территориях, и реставраторам, специализирующихся на проектировании объектов культурного наследия (ОКН), хорошо известно, что непродуманное благоустройство часто является фактором, “запускающим” процессы их разрушения.

Особенно негативно на памятники архитектуры в условиях плотной застройки и при минимальной площади незамощенных поверхностей могут влиять приемы и способы водоотведения. Поверхностный сток с кровель исторических зданий, как правило, сбрасывается “на рельеф”. Из-за недостатков вертикальной планировки, ливневой канализации и дренажа поверхностный сток через трещины в покрытиях и разрушения водоотводящих систем попадает в грунты и подземные воды. При отсутствии в окружении зданий газонов или других фильтрующих поверхностей затрудняется испарение, а территории систематически подтапливаются. Особенно часто при недостатках водоотведения подтопление исторических зданий и ОКН формируется внутри Бульварного кольца и в Замоскворечье на территориях заасфальтированных дворов.

В исторической застройке многих городов, даже в центре Москвы, внутриквартальная ливневая канализация может отсутствовать. Нужно учитывать, что отведение поверхностного стока с жилых территорий (включая исторические) по нормативам не является обязательным. Крупные административные и общественные здания, как правило, имеют закрытый водосброс с кровель с

отведением в ливневую канализацию. Закрытый водосброс в ливневую канализацию предусмотрен с крупных приобъектных автостоянок, где проводится очистка сбросного стока.

Существует ряд общепризнанных исследований: прежде всего это крупные работы геолога-реставратора Е.М. Пашкина [12, 13], а также работы инженеров-градостроителей: Н.П. Шепелева [15], диссертация В.Д. Оленькова [10], выполненная на примере Ростова-на-Дону, диссертация П.А. Шумеева, [16], описывающих процессы разрушения памятников архитектуры в результате техногенеза геологической среды и подземных вод. Значимое влияние современных изменений окружающей среды на памятники архитектуры и историческую застройку, в том числе геоэкологических и гидрогеоэкологических факторов, исследуется в работах В.П. Князевой [8], М.С. Орлова и К.Е. Питьевой [11].

В работах [6, 7] указывается, что неудовлетворительное благоустройство и особенно отведение поверхностного стока, водопонижение, утечки из водонесущих коммуникаций имеют следствием подтопление территории и развитие карстово-суффозионных процессов. Состояние водоотведения, утечки, воздействие теплотрасс могут быть выделены как важнейшие факторы техногенеза геологической среды, изменения режима подземных вод, развития подтопления на исторических территориях и как наиболее значимые факторы, влияющие на состояние объектов и территорий и жизненный цикл зданий и сооружений, особенно относящихся к культурному наследию.

В известной работе по геологии Москвы – коллективной монографии, вышедшей к 850-летию Москвы под ред. В.И. Осипова и О.П. Медведева, приводится анализ факторов, отдельные материалы фотофиксации, подтверждающие влияние недостатков благоустройства и состояния инженерных сетей на техногенез геологической среды, на развитие подтопления и формирование целого ряда других опасных инженерно-геологических процессов. По сведениям, представленным в этой монографии, исторический центр Москвы (в границах Камер-Коллежского Вала), в основном относится к категориям “потенциально подтопляемых” и “неподтопленных” территорий. Тем не менее, очевидно, что локальные проблемные ситуации в отдельных зонах могут быть весьма критическими (о чем свидетельствует наш опыт проектирования и инженерных изысканий на объектах, расположенных на Софийской набережной и Балчуге в середине 1990-х гг., на Берсеневской и Садовнической набережных в 2000-х гг.). Приведенные примеры подтопления, как известно, связаны с фильтрацией из р. Москва и Водоотводного канала. Локальные ситуации с подтоплением наблюдаются



**Рис. 1.** Разрушение здания, вызванное провалом, образовавшимся в результате выноса водонасыщенных несвязных пород в подземную горную выработку (Москва, 1998). Фото В.П. Хоменко [14].

в районе улиц Арбат, Пречистенка, Воздвиженка, на Чистых прудах, но они развиваются также под влиянием недостатков благоустройства и преобладающей асфальтировки со второй половины XX в.

Другим наиболее распространенным геологическим процессом, связанным с водоотведением (водопонижением) на благоустраиваемых исторических территориях, является суффозия. Развитие этого процесса, согласно исследованиям В.П. Хоменко [14], может проявляться в виде открытой суффозии, когда минеральное вещество выносятся из толщи горных пород на поверхность, так и закрытой, когда переносимые частицы грунта накапливаются в другой части толщи горных пород. Протекание такого процесса может выражаться в виде понижений на земной поверхности, а в отдельных случаях, как это показано на рис. 1, может приводить к провальным явлениям.

Известно, что в Москве определяющая часть развивающихся неблагоприятных инженерно-геологических процессов, так или иначе, связана с проблематикой изменения гидрогеологического режима территорий и подтоплением. Согласно данным, приведенным в монографии [9], на территории ЦАО – 22 га подтопленных территорий, в Западном более чем в 2 раза, а в Восточном в 3 раза больше. Однако следует учитывать, что плотность и ценность исторической застройки, количество памятников архитектуры здесь несопоставимо выше, а потому решение проблемы подтопления в центре при комплексном благоустройстве является архиважным.

Ранее упоминавшийся опыт изысканий и проектирования реставрации и реконструкции памятников архитектуры, расположенных вдоль правого берега р. Москва на Берсеневской набе-

режной у известного “Дома на набережной”, опыт ранее выполненных градо-экологических обоснований объектов реконструкции на Софийской набережной, опыт инженерно-геологических и экологических обоснований реставрации и реконструкции исторических зданий на Балчуге, и многолетний опыт проектирования и инженерных изысканий для территорий ОКН, показывают, что специальные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для благоустройства прилегающих территорий не проводятся. Примером может быть проект реставрации и реконструкции Большого театра, где инженерные изыскания первоначально проводились исключительно в “пятне” застройки, с чем мы как эксперты ГЭ категорически не согласились, и впоследствии по замечаниям были выполнены дополнительные изыскания и разделы ОВОС, в том числе на благоустройство и перекладку сетей.

Считаем, что для объектного проектирования и специализированных проектов благоустройства в исторической части городов (в том числе Москвы) необходима специальная методика проектирования, учитывающая инженерно-геологические, гидрогеологические, геоэкологические особенности исторических территорий, а также геотехнических особенностей грунтов, прилегающих к памятникам архитектуры, историческим зданиям и сооружениям [6, 7]. Могут и должны учитываться особенности формирования геологической среды различных периодов и различного генезиса, определившие современные свойства грунтов, обусловленные взаимодействием факторов в системе “здание – геологическая среда”.

При разработке специализированной (для исторических территорий) методики проектирования благоустройства [2, 3] предлагается максимально учитывать многофакторную совокупность инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических, геотехнических факторов и условий в целях комплексного обоснования мероприятий по обеспечению сохранности культурного наследия в составе таких проектов. При проектировании благоустройства должны применяться научно обоснованные решения вертикальной планировки, покрытий, организации открытых и закрытых водоотводящих систем, различные инженерные решения дренажа и специальные геотехнические мероприятия, эффективные в системе “здание – геологическая среда”, что позволит добиться регенерации территорий и инженерной защиты памятников [15, 16].

## АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ

Здесь и далее анализ практики выполнялся с позиций учета инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических, геотехнических факторов особенностей исторических территорий. Анализу предшествовали многочисленные натурные (маршрутные) исследования в 2022 г. состояния и технических решений внутриквартальных территорий на ул. Б. Дмитровка, в Столешниковом переулке, на улицах Пятницкая, Садово-Кудринская (территория Филатовской больницы), Школьная, на проспекте Мира. Отдельные материалы фотофиксации приводятся в данной статье.

Обобщение маршрутных натурных исследований позволяет утверждать, что вышеперечисленные факторы не учитывались при принятии решений по благоустройству территорий не только рядовых объектов, но даже для территорий, имеющих статус ОКН (территория Филатовской больницы – ОКН регионального значения). Практически они никогда не рассматриваются как принципиально-значимые факторы для принятия решений по вертикальной планировке, устройству водостоков, дренажа, при выборе видов и конструкций покрытий внутриквартальных территорий, при решении вопросов озеленения и подборе породного состава насаждений. Между тем, нужно учитывать, что при правильном, научно обоснованном благоустройстве можно замедлить процессы техногенеза геологической среды, предотвратить или замедлить деградацию памятников и градостроительного наследия.

Ниже приведем некоторые примеры из практики недавней реставрации памятников архитектуры (до 5 лет), где неудовлетворительное благоустройство прилегающих территорий до сих пор стимулирует разрушения конструкций и ухудшает внешний вид зданий.

ОКН – Палаты XVII в. на ул. Пятницкая, д. 17 (примыкают к комплексу зданий “Мосгорнаследия”) – одно из старейших зданий в Замоскворечье. При реставрации для восстановления исторических отметок части главного фасада, выходящего на озелененную территорию, в полосе до 1 м было проведено снятие культурного слоя на глубину до 0.8 м с формированием узкой террасы, ограниченной подпорной стенкой. При неудовлетворительном решении водостока и дренажа с кровли здания и прилегающей территории к выемке, такое решение спровоцировало замокание стены, развитие трещин на фасаде, подтопление подвалов (рис. 2).

ОКН в составе комплекса зданий “Мосгорнаследия” (ул. Пятницкая, влад. 19 и 18). Оба владе-

ния застраивались в конце XVIII – начале XIX вв. (архитектор О. Бове). Фотоснимок влад. 18, представленный на рис. 3, показывает быстрое проявление “результатов современного благоустройства” прилегающих территорий на недавно отреставрированном главном фасаде здания, дворовых фасадах и оштукатуренном ограждении двора. Обследования зафиксировали недостатки вертикальной планировки, полное отсутствие фильтрующих поверхностей во дворе, недостаточную проработанность и некачественную работу водостока. Результатом являются “замокание” конструкций цоколей и разрушения отделки фасадов.

На состояние главного фасада влад. 18 и оштукатуренного ограждения двора, а также цоколей и фасадов строений, расположенных во влад. 19, значительно повлияла “реконструкция” тротуаров Пятницкой улицы и площади у входа станции метро Новокузнецкая, которая в настоящее время полностью замощена за счет исключения озелененных участков и установки деревьев в контейнерах. При натурных обследованиях на ул. Пятницкая установлены и недостаточность уклонов, и неудовлетворительное состояние водосточных систем.

ОКН – “Дом Протковой” (начало XIX в., архитектор О. Бове), расположен на Садово-Кудринской улице, д. 15 (территория детской Филатовской больницы). Мощение тротуара в 2016 г., выполненное при реконструкции Садового кольца без необходимых уклонов и на сухую смесь (недопустимый способ по Е.М. Пашкину [12]), привело к “замоканию” стен главного фасада, ускоренному разрушению цоколя и многочисленным трещинам на фасаде и портике здания. Аналогичные дефекты видны также на кирпичном оштукатуренном ограждении и воротах, прилегающих к зданию (рис. 4).

Однако наибольшую опасность для Дома Протковой представляет современное благоустройство внутреннего двора с частичным восстановлением отметок дворовых фасадов за счет снятия культурного слоя, формирования неширокой (около 1 м) низкой террасы с подпорной стенкой и мощением из плитки. Это решение существовало еще на момент обследования территории в 2016 г. в связи с планировавшимся благоустройством территории больницы. Уже тогда были значительно подтоплены подвалы, замочали стены, во внутренних помещениях одноэтажного здания с деревянными перекрытиями была повышенная влажность, и ощущался запах гнили.

Необходимость исследовать гидрогеологическую обстановку, оптимизировать решения по водоотведению и выполнить дренаж была очевидна и известна администрации больницы. В дальнейшем наши рекомендации по устройству дренажа не были учтены, и в ныне реализованном



Рис. 2. Организация рельефа при реставрации Палат XVII в. и восстановлении исторических отметок главного фасада. Отмечаются нарушение водостоков, замокание стен, образование трещин на фасаде.



Рис. 3. Фотофиксация проблемных ситуаций, связанных с благоустройством прилегающих территорий отреставрированной Городской усадьбы конца XVIII – начала XIX вв. Водостоки, трещины на фасадах (ОКН, Пятницкая, 18).



**Рис. 4.** Фотофиксация разрушений и трещин на главном фасаде “Дома Протковой” (начало XIX в.) и оштукатуренного исторического ограждения Филатовской больницы (Садово-Кудринская ул., 15).

проекте благоустройства ситуация с водоотведением не улучшилась, а напротив, ухудшилась (рис. 5). Как показало обследование, состояние цоколя и дворовых фасадов ухудшилось (осмотреть внутренние помещения не представилось возможности).



**Рис. 5.** Фотофиксация дворовых фасадов и территорий, прилегающих к “Дому Протковой” (ОКН – Садово-Кудринская, 15). Водостоки. Трещины на фасадах.

Со слов настоятеля храма Великомучениц Софии и Татианы (ОКН, архитектор А. Каминский, конец XIV в.), расположенного на территории Филатовской больницы, подтопление проявилось практически сразу после ввода объекта в эксплуатацию в 2012 г., и тогда уже специалисты эту проблему связывали с недостатками водоотведения и укладкой плитки на всей прилегающей территории. Это отразилось в “замокании” стен, переувлажнении внутренних помещений, в многочисленных трещинах на фасадах. Обследование в 2022 г. после недавнего благоустройства территории с заменой плитки вокруг храма показало, что условия водостока принципиально не улучшились. Необходимый дренаж не выполнен, озеленение или другие фильтрующие поверхности не появились, и негативные процессы подтопления продолжают, оказывая нежелательное влияние на сохранность ОКН.

Нужно учитывать, что даже в Москве пока сохранилось большое количество исторических зданий, не имеющих статуса ОКН. Среди них много деревянных или деревянных оштукатуренных, причем в настоящее время в силу разных обстоятельств (в том числе увеличения толщины культурного слоя и благоустройства) они уже не имеют вентилируемых подполий. Для сохранности таких зданий крайне важно создание благоприятного гидрогеологического режима, что может решаться за счет озеленения прилегающей территории при ее благоустройстве.

Между тем, существуют положительные примеры, когда в сложных случаях подтопления памятников архитектуры и прилегающих территорий (например, в условиях фильтрации вод р. Москва на Берсеневской набережной) применялся дренаж. В таких случаях по дренажным трубам вода отводится в городскую ливневую канализацию. В основном при благоустройстве прокладка дренажных систем не требуется, но необходимо соблюдать нормативные уклоны поверхностей водосбора, применять фильтрующие покрытия, устраивать надежную систему закрытых и открытых водосточных лотков и сохранять незамощенные (озелененные) поверхности, обеспечивающие интенсивное поглощение и испарение влаги.

К сожалению, на практике это бывает “трудно достижимо”. Весной 2022 г. было детально обследовано здание ОКН (вторая половина XIV в.) на пр. Мира около выхода радиальной ветки метро. Проведенное обследование главного и дворовых фасадов недавно отреставрированного здания выявило многочисленные дефекты отделки и конструкций (входов, лестниц, террас), сформировавшиеся в результате неудовлетворительной организации водосброса на рельеф и последующего водоотведения. На пр. Мира и на прилегаю-

шей площади близко расположены водопримемные колодцы, технические возможности для правильной организации водостока безусловно имеются, но практика оставляет желать лучшего.

Тем не менее все же есть отдельные положительные примеры решений благоустройства территорий, прилегающих к ОКН, и приведем их ниже.

При благоустройстве территории здания ОКН на ул. М. Никитская, д. 29 (напротив Храма Вознесения) при восстановлении исторических отметок фасада низкая терраса вдоль него была запроектирована довольно широкой, чем были обеспечены благоприятные условия водостока за счет уклонов. Для ускорения водоотведения использовался закрытый дренаж, прилегающая озелененная территория создавала хорошие условия для испарения влаги.

Безусловно, положительным примером проведенной реставрации некогда проблемного ОКН, ранее разрушавшегося под влиянием техногенных факторов (и прежде всего подтопления), может быть известный дом архитектора К. Мельникова в Кривоарбатском переулке (начало XX в.). При его реставрации была благоустроена прилегающая территория, причем практически не применялись твердые покрытия. Использовались в основном фильтрующие (гравий, гранитные высевки); сделали много газонов и цветников, которые буквально примыкают к зданию. Доля газонов и цветников в балансе территории — более половины площади участка. На территории установили скважину с оборудованием для гидрогеологического мониторинга на период эксплуатации, это означает, что на этапе изысканий проводились детальные исследования, и составлялись прогнозы изменения уровня подземных вод при планируемой реставрации и благоустройстве (рис. 6).

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

В работах Е.Л. Беязовой [1–3] предлагается разработка специализированной методики благоустройства для исторических городов, которая должна учитывать большое количество информации по территориям объектов проектирования и прилегающей застройке исторических кварталов, среди которых памятники архитектуры и ценные объекты градостроительной среды. Предложенные модели предпроектных исследований и проектирования в будущем могут стать основой раз-



Рис. 6. Дом архитектора К. Мельникова. Современное благоустройство территории (Кривоарбатский пер., 10).

работки такой методики в виде информационно-аналитических моделей для соответствующей отраслевой системы ГИС (см. рис. 10, 11 в работах [2, 3]).

По направлению инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических факторов и условий (в некоторых случаях возможно геотехнических) информационную базу, по-видимому, должны составлять не только мелкомасштабные, но и крупномасштабные, и даже детальные карты (например, в Москве — электронные карты М 1 : 10 000 Москомархитектуры), фондовые материалы, но также результаты специальных инженерных изысканий, выполняемых в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов. На этой научной и технической основе в проектах благоустройства исторических территорий должны разрабатываться специальные мероприятия по обеспечению сохранности культурного наследия.

С нашей точки зрения весьма перспективными для применения при благоустройстве исторических территорий могут быть новые инженерные решения дорожных одежд, выполненные с использованием геосинтетических материалов. Рассмотрим некоторые примеры применения геосинтетических материалов, которые могут быть использованы при реконструкции и устройстве дорожных одежд в исторических кварталах, повышающие прочность и долговечность дорожных одежд и обладающие гидроизолирующими свойствами, а также расчеты, обосновывающие их применение, выполненные инженером И.П. Резяпкиным.

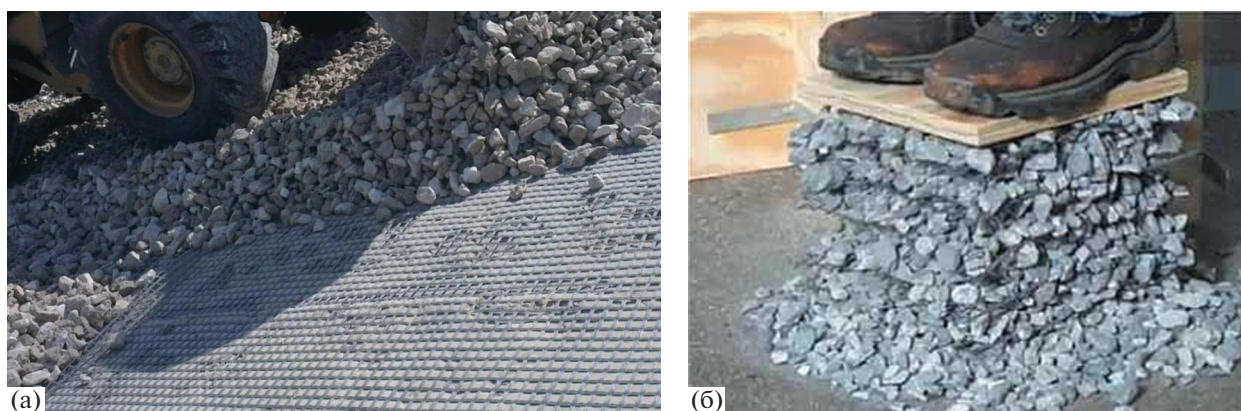


Рис. 7. Общий вид георешетки в конструкции (а) и эффект армирования дисперсных несвязных грунтов георешетками (б).

#### РЕКОМЕНДАЦИИ И ОБОСНОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ БЛАГОУСТРОЙСТВА ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рекомендации направлены на принятие оптимальных конструктивных решений при реконструкции внутриквартальных проездов, парковок, пешеходных дорог и эксплуатируемых газонов с использованием геосинтетических материалов различного назначения в непосредственной близости памятников архитектуры. Геосинтетические материалы (ГМ) — класс строительных материалов, предназначенный для создания прослойки, повышающей надежность, и/или предающий специализированные свойства конструкции. Основная цель геоматериалов заключается в обеспечении функционирования конструкции или ее отдельных элементов в сложных условиях эксплуатации. Устройство прослоек из ГМ повышает надежность и продолжительность службы конструкции, позволяет упростить технологию производства работ, потенциально сократить сроки строительства, уменьшить расход традиционных материалов (таких, как песок, щебень).

Можно выделить 4 основные функции геоматериалов, применяемых в конструкции покрытий (дорожных одежд):

- армирование — усиление конструкций оснований за счет перераспределения напряжений, возникающих в грунтовом массиве при действии нагрузок от транспортных средств и собственного веса;

- защитно-разделительная — предотвращение или замедление взаимопроникновения и перемешивания различных конструктивных слоев между собой (грунт-песок; песок-щебень);

- дренаживание — ускорение отвода воды;

- гидроизоляция — отсечение поступающей воды в конструкцию (атмосферные осадки или грунтовые воды).

Рассмотрим применение армирующих прослоек в виде георешеток (рис. 7), скриншоты из видеоролика с сайта <http://retainingwallexpert.com>).

Данный вид геоматериала работает, как армирующий элемент в пределах грунтовой толщи или в комбинации с зернистым материалом, благодаря чему создается композитная структура с улучшенными характеристиками прочности и деформативности по сравнению с исходным неармированным грунтовым или монолитным массивом. При армировании георешетки воспринимают на себя напряжения растяжения, а грунт — напряжения сжатия.

Согласно ОДМ 218.5.002-2008 “Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов”<sup>1</sup>, введение в конструкцию дорожной одежды георешетки позволяет усилить дорожную одежду и предупредить взаимопроникновение материалов контактирующих слоев. Усиление достигается благодаря совместной работе георешетки с зернистым материалом основания (покрытия переходного типа), приводящей к блокировке (ограничению перемещений) отдельных зерен этого материала в ячейках (георешетки). Образованный композитный слой “зернистый материал + георешетка” обладает лучшими механическими свойствами, прежде всего, повышенной устойчивостью к воздействию динамических нагрузок.

При расположении арматуры в направлении главных растягивающих напряжений и соблюдении указанного условия деформации растяжения существенно ограничены по величине в зависимости от относительной растяжимости арматуры.

<sup>1</sup> URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293832/4293832048.pdf>



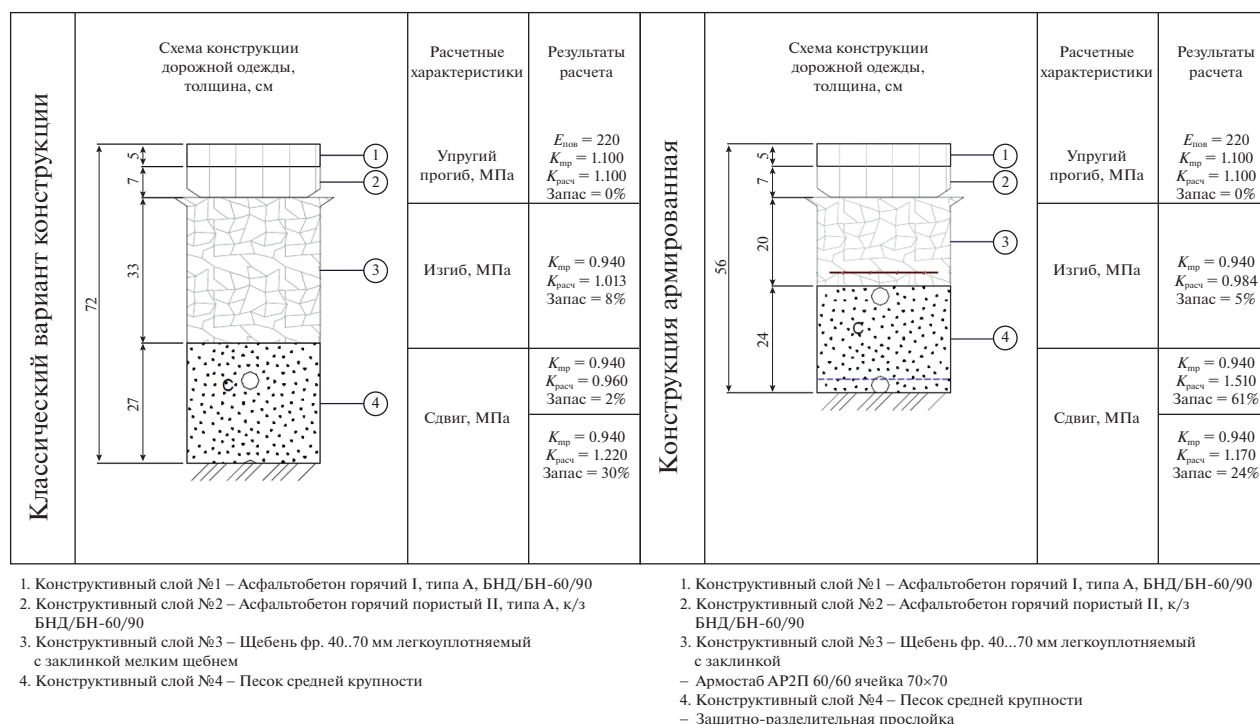


Рис. 8. Сравнение конструкций с армирующей прослойкой из ГМ и без нее.

Такую особенность можно проиллюстрировать изображением, представленным на рис. 7б. Наглядно видно, что куб армированного щебня представляет собой подобие связного грунта, способного выдерживать прикладываемые к нему нагрузки, сохраняя вертикальность граней. Таким образом, послойно помещенные в грунт горизонтальные армирующие элементы будут препятствовать боковой деформации благодаря возникновению сил трения между ними и грунтом, что соответствует состоянию всестороннего сжатия. Разрушение может произойти только в случае превышения прочности щебня или армоэлементов.

Установлено, что для обеспечения корректной работы георешетки совместно с грунтом-заполнителем необходимо подбирать размер ячеек при армировании оснований дорожной одежды и земляного полотна. При этом должно соблюдаться условие:

$$0.5(d + D) < 0.8A,$$

где  $d$  и  $D$  – наименьший и наибольший номинальный размер зерен каменного материала в основаниях и дополнительных слоях дорожной одежды соответственно;  $A$  – средний размер ячейки.

Условие выполняется для щебня фракции 40 × 70 мм при размере ячейки 70 × 70 мм; для песчано-щебеночной смеси С4 при размере ячейки 60 × 60 мм.

Таким образом, эффективность использования георешеток заключается в двойном эффекте их работы: повышении сопротивления сдвигу (эффект блокировки) и снижении давления на подстилающий грунт (мембранный эффект). Благодаря вышеописанным свойствам георешеток в конструкции допускается снижение толщины нерудных материалов (щебня, щебеночно-песчаной смеси), что приводит к снижению общей толщины конструкции.

При этом сокращение толщины конструкции не приводит к снижению прочностных характеристик. На рис. 8 представлено сравнение двух вариантов конструкций дорожной одежды для внутриквартальных проездов. В качестве грунта основания использовался суглинок легкий с расчетной относительной влажностью 0.74. По количеству пылевато-глинистых частиц грунт отнесен ко второй группе по пучинистости. Расчетные параметры нагрузки, коэффициента надежности и частота приложения нагрузки назначены в соответствии с рекомендациями ОДМ 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”<sup>2</sup>.

В свою очередь уменьшение мощности конструкции (в данном примере конструкции дорожной одежды) приводит к сокращению времени работы техники по демонтажу старой конструкции, уменьшению количества техники по

<sup>2</sup> URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293823/4293823999.pdf>

доставке строительных материалов, а также сокращает время работы машин, вовлеченных в строительство конструкции.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях нарастающего влияния техногенеза на геологическую среду и подземные воды ускоряются деградация и разрушение культурного наследия, при этом часть негативных процессов является следствием неудовлетворительного благоустройства и водоотведения.

Анализ многочисленных реализованных объектов благоустройства в Москве свидетельствует, с одной стороны, о влиянии благоустройства на геологическую среду и подземные воды, с другой — об отсутствии должного внимания к геологическим проблемам при проектировании, что на практике негативно влияет на результаты благоустройства в отношении сохранности памятников архитектуры и исторической застройки.

Анализ практики и теоретические исследования содержат факты, подтверждающие, что негативное влияние зачастую связано с неудовлетворительными решениями вертикальной планировки и отведения поверхностного стока, увеличением доли замощенных поверхностей и отсутствием должного учета геологических, гидрогеологических, геоэкологических, геотехнических условий территории благоустройства.

Доказана необходимость (обязательность) проведения инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий для обоснования проектов благоустройства, а также разработки и утверждения специализированных нормативных документов по инженерным изысканиям для проектирования благоустройства исторических территорий городов, состав и содержание работ, которые смогут обеспечить геоэкологическую устойчивость территории и сохранность культурного наследия.

Исследование показало, что для проектирования благоустройства исторических территорий актуальной задачей являются проведение междисциплинарных исследований и ведение межотраслевой практической деятельности, а для этого необходимо формирование соответствующих методологии и методики инженерных изысканий и проектирования.

Подтверждено, что при создании специализированной методики проектирования благоустройства для исторических территорий городов необходимо включение в ее состав информационно-аналитических инструментов для учета инженерно-геологических, гидрогеологических и инженерно-экологических факторов.

Для благоустройства исторических территорий рекомендованы перспективные конструк-

тивные схемы и технические решения дорожных одежд с применением геосинтетических материалов, что будет способствовать эффективному решению геоэкологических проблем и повышению сохранности культурного наследия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляева Е.Л.* Особенности благоустройства и озеленения исторических городов. Подходы и методические рекомендации. М: Экон-Информ, 2021. 270 с.
2. *Беляева Е.Л.* Методология и методика проектирования благоустройства и озеленения исторических городов. Ч. 1. Научное содержание информационно-аналитической модели проектирования благоустройства и озеленения исторических городов // *Academia*. Архитектура и строительство, 2022. № 2. С. 59–68.
3. *Беляева Е.Л.* Методология и методика проектирования благоустройства и озеленения исторических городов. Ч. 2. Использование картографических методов и разработка информационно-аналитических моделей // *Academia*. Архитектура и строительство. 2022. № 3. С. 77–87.
4. *Гладков В.Ю.* Армирование зернистых оснований жестких дорожных одежд геотекстильными прослойками в виде сеток: автореф. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. М.: Союздорнии, 1985.
5. *Казарновский В.Д.* Синтетические нетканые материалы в транспортном строительстве М.: Транспорт, 1984.
6. *Кашиперюк П.И., Юлин А.Н.* Качество инженерных изысканий как фактор формирования устойчивых природно-техногенных систем // *Вестник МГСУ*. 2014. № 1. С. 83–89.
7. *Кашиперюк П.И., Никитина К.В.* К вопросу о карстово-суффозионных проявлениях в карстующихся толщах города Москвы // *Опасные для строительства геологические процессы*. Сб. матер. Междунар. сем., посв. 70-летию д.г.-м.н., профессора В.П. Хоменко. 2019. С. 40–42.
8. *Князева В.П.* Экология. Основы реставрации. Учеб. пос. М.: “Архитектура-С”, 2005. 400 с.
9. Москва. Геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.И. Медведева М.: Московские учебники и картография, 1997. 350 с.
10. *Оленьков В.Д.* Методологические основы восстановления и использования нарушенных территорий для градостроительства с учетом аэрационного режима на примере Челябинской области: дис. докт. тех. наук. М.: МГСУ, 2018. URL: [https://gusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_008715430](https://gusneb.ru/catalog/000199_000009_008715430).
11. *Орлов М.С., Питьева К.Е.* Гидрогеоэкология городов. М.: ИНФРА-М, 2013. 397 с.
12. *Пашкин Е.М.* Инженерная геология (для реставраторов). Уч. пос. М.: Архитектура-С, 2005. 264 с.
13. *Пашкин Е.М.* Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Традиция, 2022. 352 с.

14. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М.: ГЕОС, 2003. 216 с.
15. Шепелев Н.П., Шумилов М.С. Реконструкция городской застройки. М.: Высшая школа, 2000. 270 с.
16. Шумеев П.А. Градоэкологическое обеспечение сохранения исторической застройки на основе мониторинга среды: на примере г. Ростова-на-Дону: автореф. дис. ... канд. тех. наук. М., 2014. 20 с.

## GEOECOLOGICAL PROBLEMS UPON IMPROVEMENT OF HISTORIC CITIES AND PRESERVATION OF HISTORIC URBAN HERITAGE

E. L. Belyaeva<sup>a,#</sup>, P. I. Kashperyuk<sup>b,##</sup>, B. G. Moginov<sup>c</sup>, and I. P. Rezyapkin<sup>d,###</sup>

<sup>a</sup>*Institute for Geobiosphere Research, Annenskii pr., 12, Moscow, 127521 Russia*

<sup>b</sup>*National Research University – Moscow State Civil Engineering University, Yaroslavskoe sh., 26, Moscow, 129337 Russia*

<sup>c</sup>*Central Scientific Restoration and Design Works, Ministry of Culture of Russia, ul. Shkol'naya, 24, Moscow, 109544 Russia*

<sup>d</sup>*GEOKARKAS Ltd., ul. Yeletskaya, 22/25, Moscow, 115583 Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: igbi@yandex.ru*

<sup>##</sup>*E-mail: npf-sivs@yandex.ru*

<sup>###</sup>*E-mail: from.work055@gmail.com*

In spite of the fact that almost everywhere in the territories of historic cities, under the influence of the shortcomings of landscaping, there is a progressive technogenesis of the geological environment and groundwater, which can lead to the destruction of architectural monuments and historically valuable buildings, this problem remains poorly studied. Given the enormous scale of work on the improvement of the historical territories, which is planned to perform under the national projects and municipal programs, the study of this direction to improve the design methodology and engineering surveys as an objective basis for the development of design decisions, is very relevant. For the historical territories of cities that include architectural monuments and valuable buildings, specialized methods of design and engineering and environmental surveys, geoecological monitoring, including measures to ensure the preservation of cultural heritage, are necessary. The article provides a review of literary sources, analysis of examples, and actual data confirming the impact of landscaping factors on the state of cultural heritage sites (CHS). The most significant in terms of the impact on the geological environment and, accordingly, on the preservation of monuments of architecture are the shortcomings of vertical planning and drainage. In the conditions of high-density housing development, the unsatisfactory improvement can stimulate the processes of underflooding, suffosion, and karst, as well as the general technogenesis of soils, and loss of the bearing capacity of the bases and foundations. Underflooding of basements, “soaking” of walls, and formation of cracks on facades can be observed in architectural monuments and historical buildings. The study summarizes the observations and results obtained by the authors – representatives of various specialties (engineers, geologist, architect-restorer) at various stages of their creative work and takes into account the long experience of ООО “IGBI” on the design of improvement on the historical territories of Moscow.

**Keywords:** *technogenesis of geological environment, historical areas, preservation of cultural heritage, impact of landscaping, drainage, waterlogging, destruction of architectural monuments, geo-ecological surveys and activities*

### REFERENCES

1. Belyaeva, E.L. *Osobennosti blagoustroistva i ozeleneniya istoricheskikh gorodov. Podkhody i metodicheskie rekomendatsii* [Features of landscaping and gardening of historic cities. Approaches and methodological recommendations]. Moscow, Econ-Inform Publ., 2021. 270 p. (in Russian)
2. Belyaeva, E.L. *Metodologiya i metodika proektirovaniya blagoustroistva i ozeleneniya istoricheskikh gorodov. Ch.1. Nauchnoe sodержanie informatsionno-analiticheskoi modeli proektirovaniya blagoustroistva i ozeleneniya istoricheskikh gorodov* [Methodology and design techniques of landscaping and planting of historical cities. Part 1. Scientific content of information analytical model of landscaping and gardening design of historic cities]. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2022, no. 2, pp. 59–68. (in Russian)
3. Belyaeva, E.L. *Metodologiya i metodika proektirovaniya blagoustroistva i ozeleneniya istoricheskikh gorodov. Ch.2. Ispol'zovanie kartograficheskikh metodov i razrabotka informatsionno-analiticheskikh modelei* [Methodology and methods of design of landscaping and gardening of historic cities. Part 2. The use of mapping methods and the development of information-analytical models]. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2022, no. 3, pp. 77–87. (in Russian)
4. Gladkov, V.Yu. *Armirovaniye zernistykh osnovanii nezhestkikh dorozhnykh odezhd geotekstil'nyimi prosloikami v vide setok* [Reinforcement of granular bases of non-rigid road pavements by geotextile interlayers in the form of nets]. Extended Abstract of Cand. (Techn.) Sci.

- Dissertation. Moscow, SoyuzDorNII, 1985. (in Russian)
5. Kazarnovskii, V.D. *Sinteticheskie netkanye materialy v transportnom stroitel'stve* [Synthetic nonwoven materials in transport construction]. Moscow, Transport Publ., 1984. (in Russian)
  6. Kashperuk, P.I., Yulin, A.N. *Kachestvo inzhenernykh izyskaniy kak faktor formirovaniya ustoichivyykh prirodno-tekhnogennykh sistem* [Quality of engineering surveys as a factor in the formation of sustainable natural and man-made systems]. *Vestnik MGSU*, 2014, no. 1, pp. 83–89. (in Russian)
  7. Kashperuk, P.I., Nikitina, K.V. *K voprosy o karstovo-suffozionnykh proyavleniyakh karstuyushchikhsya tolshchakh g. Moskvy* [On the karst-suffosion manifestation in karst strata of Moscow]. Proc. Intern. Workshop dedicated to the 70th anniversary of Dr. Sci. Prof. V.P. Khomenko, 2019, pp. 40–42. (in Russian)
  8. Knyazeva, V.P. *Ekologiya. Osnovy restavratsii* [Ecology. Fundamentals of restoration]. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2005, 400 p. (in Russian)
  9. Moskva. *Geologiya i gorod* [Moscow. Geology and the city]. V.I. Osipov, O.P. Medvedev, Eds. Moscow, Moskovskie uchebniki i kartografiya Publ., 1997. 350 p. (in Russian)
  10. Olen'kov, V.D. *Metodologicheskie osnovy vosstanovleniya i ispol'zovaniya narushennykh territoriy dlya gradostroitel'stva s uchetom aeratsionnogo rezhima na primere Chelyabinskoy oblasti* [Methodological bases of restoration and use of disturbed territories for urban development taking into account the aeration regime by the example of Chelyabinsk region]. Doctoral Sci. (Techn.) Dissertation. Moscow, MGSU, 2019. (in Russian)
  11. Orlov, M.S., Pit'eva K.E. *Gidrogeologiya gorodov* [Hydrogeocology of cities]. Moscow, INFRA-M Publ., 2013. 397 p. (in Russian)
  12. Pashkin, E.M. *Inzhenernaya geologiya (dlya restavratorov)* [Engineering geology (for restorers)]. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2005. 264 p. (in Russian)
  13. Pashkin, E.M. *Inzhenerno-geologicheskaya diagnostika deformatsii pamyatnikov arkhitektury* [Engineering-geological diagnostics of deformations of architectural monuments]. Moscow, Traditsiya Publ., 2022, 352 p. (in Russian)
  14. Khomenko, V.P. *Zakonomernosti i prognoz suffozionnykh protsessov* [Laws and prediction of suffosion processes]. Moscow, GEOS Publ., 2003, 216 p. (in Russian)
  15. Shepelev, N.P., Shumilov, M.S. *Rekonstruktsiya gorodskoi zastroiki* [Reconstruction of urban development]. Moscow, Vysshaya shkola, 2008, 270 p. (in Russian)
  16. Shumeev, P.A. *Gradoekologicheskoe obespechenie sokhraneniya istoricheskoi zastroiki na osnove monitoringa sredy: na primere g. Rostova-na-Donu* [Urban ecological support of historical building preservation on the basis of environmental monitoring: on the example of Rostov-on-Don]. Extended Abstract of Cand. Sci. (Techn.) dissertation, Moscow, 2014. 20 p.