

Перспективность использования подземного пространства в акваториях рек и каналов для совершенствования транспортной инфраструктуры мегаполисов России



В. М. Улицкий,
доктор техн. наук,
профессор, зав. кафедрой
оснований и фундаментов
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения



Х. А. Джантимиров,
канд. техн. наук,
ведущий научный
сотрудник, НИИОСП
им. Н. М. Герсеванова



И. В. Кольбин,
канд. техн. наук, зам.
директора по научной
работе, НИИОСП
им. Н. М. Герсеванова

Зарубежный опыт свидетельствует об эффективности использования подземных площадей под реками и каналами мегаполисов, где уплотнение застройки – дорогостоящая и опасная задача. Крупные российские города располагают самыми передовыми технологиями и оборудованием, способным решать проблемы освоения подземного пространства на уровне мировых стандартов. Организация паркинга по рекам, набережные из железобетона, скоростные подземные автомагистрали вдоль рек – это уже близкая реальность.

Развитие вглубь

Принятая недавно концепция расширения границ Москвы и активное освоение земель Ленинградской области позволят создать на новых территориях города будущего, но не решат многих проблем, возникших в центральных районах мегаполисов.

В центральной части Москвы и Петербурга остро ощущается дефицит пло-

щадей для проезда по городу и устройства паркингов. Значительная часть центра этих городов покрыта реками и каналами. Известен зарубежный опыт использования подземного пространства в руслах рек, в акваториях озёр и морей, показывающий реальность и эффективность такого подхода [1]. За рубежом реализованы предложения по устройству подземных сооружений под руслами рек, под заливом, под каналами и между городами Европы. Под водой и под землёй строят транспортные проезды, перехватывающие паркинги, торговые площади. В европейских столицах и крупных городах США, Китая, Кореи, Японии уже много лет успешно эксплуатируются фактически подводные паркинги (рис. 1).

Через центр города Валенсия исторически протекала р. Турия. Река с её десятками мостов была обрамлена каменными набережными по всей длине, но, тем не менее, они не могли защитить город от периодических наводнений. После сильного наводнения в 1957 г. городские власти решили отвести реку за черту города. Новое русло реки, вырытое по всем правилам гидротехники, дало возможность полностью перекрыть старое русло, а освободившу-

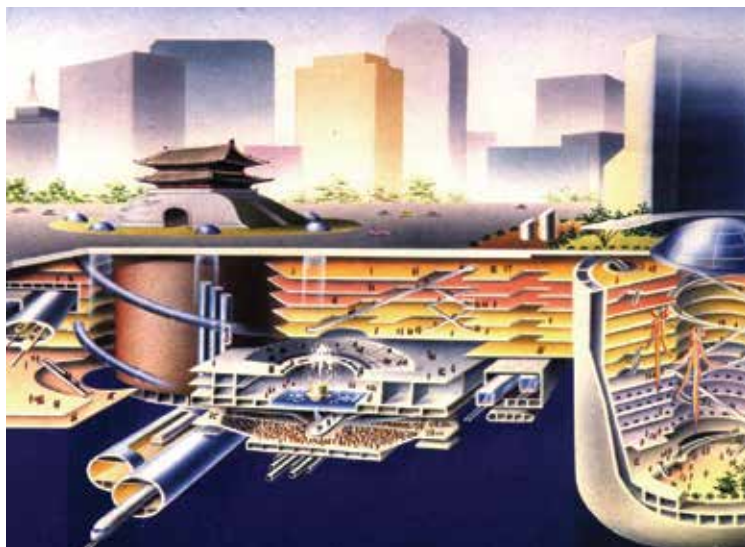


Рис. 1. Подземное пространство мегаполиса в Японии (к настоящему времени транспортные сооружения этого футуристического проекта уже построены, реализуется общественно-деловая часть)

юся от воды территорию использовать по-новому. Более миллиона квадратных метров свободной земли в самом центре города позволили решать новые задачи и с лихвой компенсировать затраты на строительство нового русла. Сегодня в старом русле разбиты парки, зоопарк и аквапарк, стадион, спортивные и детские площадки, Музыкальный Центр и «Городок науки и искусств», запроектированный и построенный выдающимися современными архитекторами и инженерами Сантьяго Калатравой и Феликсом Канделой. Историческая застройка никак не пострадала, были полностью сохранены все старые набережные и мосты, дополнительно над старым руслом построены новые автомобильные мосты и пешеходные переходы.

В последних проектных градостроительных решениях Хельсинки и Стокгольма предлагается стеной в грунте отделить часть залива и, выбрав грунты под защитными стенами, создать многоэтажный подводный паркинг. Согласно требованиям экологических и природоохранных ведомств, уровень воды залива после завершения работ сохранится, а крупные стоянки яхт вернутся на свои места, но уже в лучшие условия – в том числе с точки зрения безопасности. В Петербурге такой проект может быть совмещен со скоростными транспортными автомагистралями вдоль берега Финского залива.

Одним из самых привлекательных участков для реализации различных социальных проектов в центре Москвы представляется акватория Водоотводного канала и территория прилегающих набережных (рис. 2). Рассмотрим перспективность использования подземного пространства в акваториях на примере этого канала.

Водоотводной канал был проложен в 1783–1786 гг. на месте бывшего болота для ремонта опор Большого Каменного моста, поврежденных половодьем, а также для защиты центра города от будущих наводнений. Впоследствии берега канала были укреплены каменными набережными, через канал переброшены 10 мостов, в том числе 4 пешеходных. Длина канала около 4 км, ширина 30–50 м, глубина до 2 м, площадь акватории около 200 тыс. м².

В настоящее время после строительства нескольких водорегулирующих систем выше по течению р. Москвы канал утратил свои первоначальные функции.

Судоходство по каналу ограничено, гидротехнических сооружений нет. Водобмен в русле канала низкий, перепад уровня воды по длине канала – 15 см. В канал сбрасываются воды нескольких коллекторов ливнеоточков и поверхностные атмосферные воды с окружающих улиц. Вдоль канала по набережным проложены трассы городских инженерных коммуникаций. Трассу канала на большой глубине пересекают три тоннеля метрополитена.

НИИОСП при участии Моспроект-2, ООО «Гипроречтранс» и НИИЖБ в 2006–2008 гг. разработали проект строительства паркинга под руслом Водоотводного канала вдоль Якиманской набережной на участке между Стрелкой и Малым Каменным мостом. В Петербурге имелись проработки подземной парковки под Обводным каналом (Подземстройпроект). Предложенный проект предусматривал строительство двухуровневого подземного паркинга длиной 550 м на неполной ширине русла 42,5 м, причём отметка плиты покрытия сооружения соответствовала отметке дна канала (117,6 м). Ограждение паркинга планировалось выполнить в виде монолитной железобетонной «стены в грунте» траншейного типа. По окончании строительства паркинга водообмен в канале восстанавливался. Общая площадь подземного паркинга составляла 47 тыс. м². Экспертная оценка стоимости одного парковочного места 1,5 млн руб. По разным причинам – прежде всего, экономическим – это проектное предложение, разработанное до стадии

рабочих чертежей, не получило дальнейшего развития. Тем не менее, использование подземного пространства в русле канала для развития городской транспортной и геотехнической инфраструктуры города является, на наш взгляд, достаточно актуальной и реализуемой задачей.

Концепция предлагаемого проекта

По всей длине канала ниже его дна устраивается подземное двух-пятиуровневое многопрофильное сооружение (Комплекс). На время строительства (временно или постоянно) канал перекрывается по всей длине, начиная от Стрелки и до места его впадения в Москву-реку. Как вариант проекта или как временное решение можно перекрыть любую часть канала по его длине или ширине, а воду перепускать по трубам.

Для возведения Комплекса русло канала (а в отдельных местах и некоторую часть территории прилегающих набережных) предполагается углубить на 10–12 м. Глубина разработки ограничивается допустимым приближением к подземным тоннелям линий метрополитена, пересекающими канал, и местными инженерно-геологическими условиями. Канал как открытое гидротехническое сооружение может быть сохранён в практических и эстетических целях, при этом водный поток может оставаться полностью в нынешнем сечении канала или в его части.

На осушенной (временно или постоянно, полностью или частично) территории русла канала сооружаются

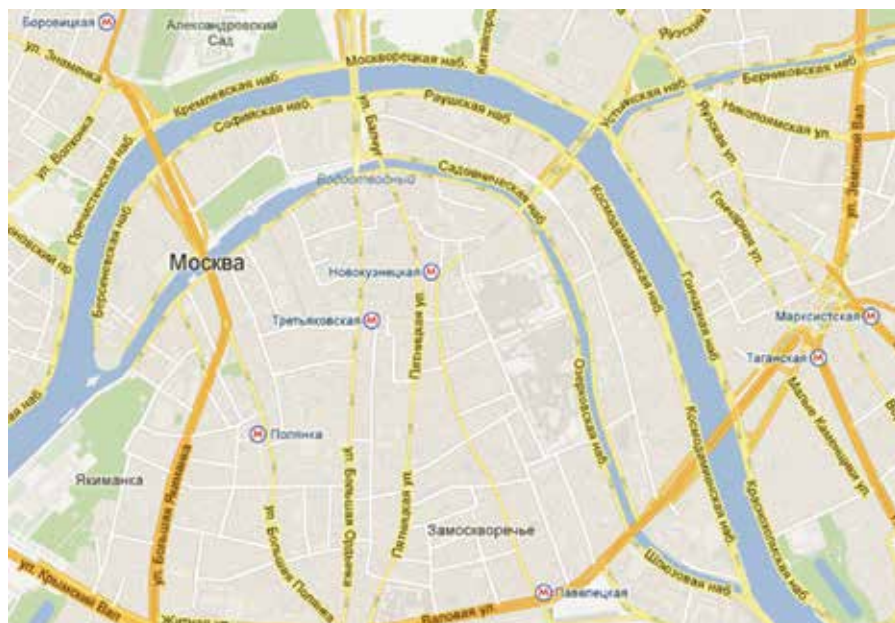


Рис. 2. План Водоотводного канала

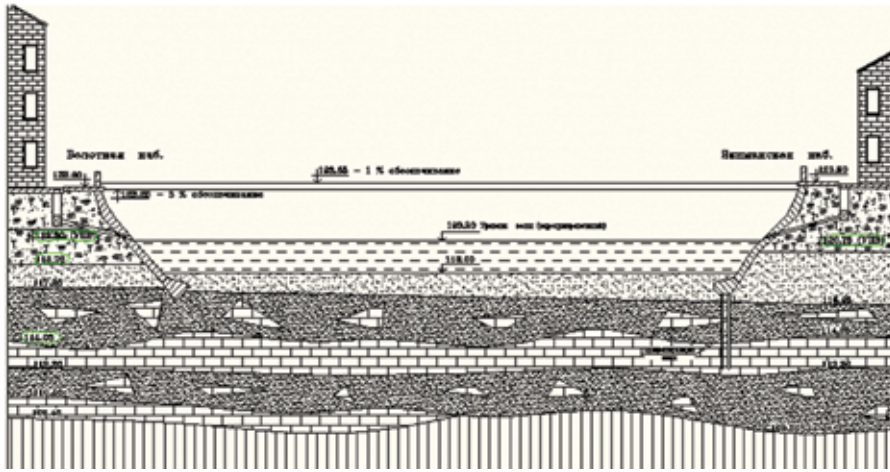


Рис. 3. Геологический разрез в районе Водоотводного канала

подземные или подземно-надземные многоуровневые паркинги, выставочные залы и кинотеатры, зимние сады, спортзалы, океанариумы и т. п. Часть сечения Комплекса выделяется для сквозного проезда специального или легкового транспорта. Ширина будущего Комплекса (40–50 м) в основном совпадает с сегодняшней шириной канала, при этом по возможности будут организованы уширения – так называемые «карманы» – шириной до 100 м и съезды к ним с прилегающих улиц.

Инженерно-геологическое строение территории вдоль трассы Канала достаточно однородно и может быть охарактеризовано усредненным разрезом (рис. 3). С поверхности набережной (отм. 122–123) на глубину до 4 м залегают насыпные грунты, ниже – 2–3 м песка, затем 6–10 м выветрелого и сильно выветрелого (до щебня и муки) известняка. С глубины 12–14 м (отм. 108) начинаются слабо выветрелые карбоновые отложения в виде известняка и глины. Уровень подземных вод на прилегающей территории приурочен к уровню воды в канале, постоянному в течение года (абс. отм. 120.00).

Учитывая наличие исторической охраняемой застройки, достаточно чувствительной к колебаниям УПВ, в проекте

следует предусмотреть мероприятия по максимально возможному сохранению гидрогеологического режима на всё время строительства и последующей эксплуатации Комплекса.

Геотехническая часть проекта решается в традиционных железобетонных и в современных металлических быстровозводимых конструкциях. В частности, стены Комплекса выполняются из стальных шпунтовых свай с замком типа Ларсен и сборных железобетонных предварительно напряженных составных панелей, погружаемых (вдавливаемых) в предварительно разработанные траншеи, прорезанные в грунте и известняке геофрезами. Наиболее трудные места (под существующими мостами и др.), где невозможна работа крупногабаритного оборудования, могут быть использованы специальные альтернативные технологии (струйная, закрепление цементацией и др.) (рис. 4).

Имеется основная технологическая и конструкторская документация, необходимая для проектирования предлагаемого сооружения. В частности, следует отметить некоторые перспективные разработки, которые можно применить в проекте Комплекса.

Для большепролетных перекрытий разработаны и выпускаются конструк-

ции сборных предварительно напряженных железобетонных многупустотных панелей толщиной до 60 см. Технологические линии безопалубочного формования на длинных стендах для производства таких панелей изготавливаются в России. На этих линиях можно выпускать сборные панели «стены в грунте». Предложена конструкция из панелей, стыкующихся по длине, ширине и толщине стены в грунте [3, 4]. Разработанный авторами способ монтажа сборных элементов с суши и плавсредств позволяет получать готовую конструкцию «стены в грунте» глубиной до 50 м при скорости возведения не менее 200 м² в смену. Предложен механизм для монтажа сборных стен в грунте, копер-кантователь, благодаря оригинальной конструкции которого в панелях при транспортировке и монтаже не возникают повышенные напряжения, что резко снижает расход арматуры и бетона.

Разработаны и выпускаются новые виды отечественной неметаллической (стекло- и базальтопластиковой) арматуры для применения в бетонных конструкциях, эксплуатируемых в подводных и агрессивных условиях [5]. Композитная арматура в четыре раза легче металлической, не корродирует, не проводит электрического тока, слабо проводит тепло, что важно для подземных условий эксплуатации. Сооружение имеет высокую степень сохранения энергии.

Разработаны и выпускаются новые типы цемента, эффективного для применения в подземных конструкциях в сочетании с композитной арматурой [6]. Разработана технология получения отечественных цементационных составов, позволяющих выполнять импрегнационное противодиффузионное закрепление грунтов значительно дешевле аналогичного импортного вяжущего материала Микродур.

Современные типы металлического шпунта гарантируют практически полную водонепроницаемость, высокую огнестойкость и долговечность указанных постоянных конструкций в качестве элементов стен, колонн и перекрытий. Опыт погружения современными вибропогружателями цельного (длиной до 32 м) шпунта Арселор в центре Санкт-Петербурга (объект Невская ратуша) показал его технологичность, экологическую безопасность и совместимость с окружающей застройкой. В НИЦ

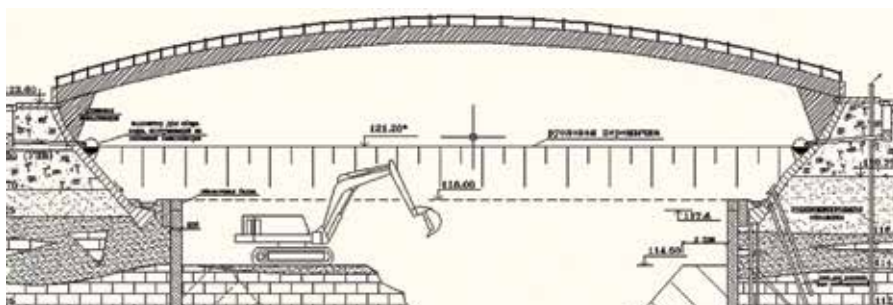


Рис. 4. Предлагаемое простейшее производство работ по строительству Комплекса в районе моста с использованием традиционных технологий

Строительство (НИИОСП и ЦНИИСК) разработан стандарт организации «Рекомендации по применению металлического шпунта в качестве постоянных конструкций подземных сооружений», содержащий всю необходимую для проектирования техническую и технологическую информацию [7].

Освоен выпуск стеклокомпозитного шпунта по пултрузионной технологии. Шпунт дешевле металлического и в четыре раза легче его, огнестойчив, не гниет и не корродирует.

Конструктивно вся подземная часть Комплекса представляет собой протяжённый «коробчатый» фундамент, на котором можно сооружать постоянные или временные здания, эстакады (рис. 5). Такие проекты, как, например, воссоздание Сухаревской башни, которую невозможно разместить на её историческом месте, могут быть успешно реализованы в составе Комплекса. По осторожным оценкам, реализация проекта позволит городу получить 600 тыс. м² дополнительных площадей. При радикальном подходе вновь создаваемая площадь залов, проездов и парков может составить 1 млн м². Этот проект может стать инвестиционно привлекательным для большой группы коммерческих организаций.

Отдельно следует подчеркнуть возможность сооружения внутри Комплекса сквозной транзитной трассы автомобильного или электромобильного транспорта с выходом на Крымскую, затем Пушкинскую набережные (с северо-запада) и Шлюзовую набережную (с юго-востока), на Садовое и Третье транспортное кольцо. На кровлю Комплекса могут опираться стойки воздушных эстакад автомобильного или специального транспорта. Проектируемые в настоящее время подземные паркинги на объектах, прилегающих к Каналу, получат логическое продолжение и вольются в городскую транспортную сеть. Прежде всего это относится к проектируемому подземному пространству комплекса «Красный Октябрь» (рис. 6).

Основные организационные и экономические проблемы

Строительство крупного подземного сооружения в центральной части Москвы является весьма сложной задачей. В рассматриваемых случаях практически весь процесс строительства, включая транспорт материалов и изделий, может быть организован с воды

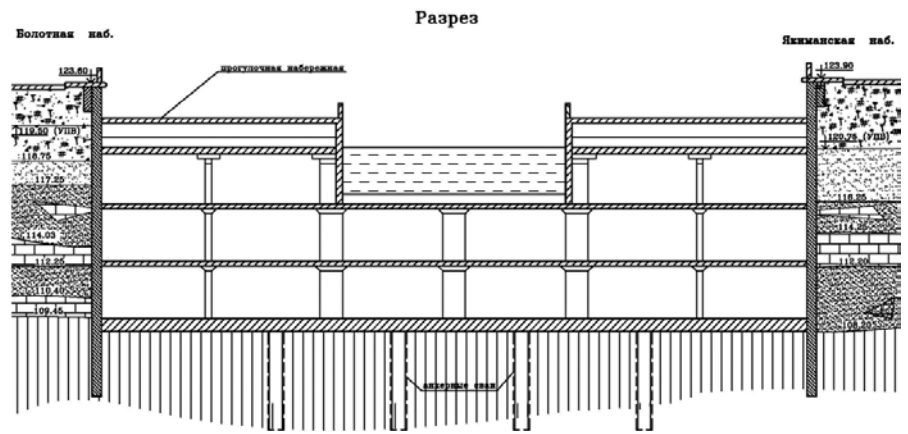


Рис. 5. Вариант 1 Комплекса. Канал в уменьшенных габаритах

с использованием плавсредств – барж, понтонов и пр. Расчеты показывают, что зоны возможного риска в плане влияния на окружающую застройку и прилегающие проезды от строительного Комплекса минимальны.

Проходящие под каналом в Москве тоннели метрополитена могут быть временно или постоянно связаны шахтами с Комплексом, а также с успехом использоваться при его строительстве для подвозки материалов и удаления грунта, в частности гидротранспортом.

Комплекс должен строиться на основе новых и новейших строительных и геотехнических технологий. В частности, современные технологии водонепроницаемых бетонов, позволяющие надёжно решать проблемы гидроизоляции подземных объектов Комплекса; композитная (базальтопластиковая) арматура обеспечит долговечность и экологичность.

Авторам представляется, что архитектурное и планировочное решение проекта должны быть избраны в

рамках международного конкурса, поскольку они связаны с очень широким спектром городских проблем, успешно решённых в крупных городах Европы, в Японии и США.

Экономическая эффективность предложенного в статье проекта не вызывает у авторов никакого сомнения. Строительство крупного Комплекса в центре мегаполиса практически без сноса исторической застройки по новейшим технологиям позволит получить площади подземных сооружений, а главное – транспортных магистралей в 1,5–2,0 раза дешевле среднегородских.

Опыт, полученный при проектировании и строительстве Комплекса Водотводной Канал, позволит успешно решать более масштабные задачи возведения объектов под руслами рек и каналов на застроенных территориях, прежде всего в Москве и – особенно – в Санкт-Петербурге, где каналы, большие и малые протоки занимают значительные площади самого центра города. Стро-

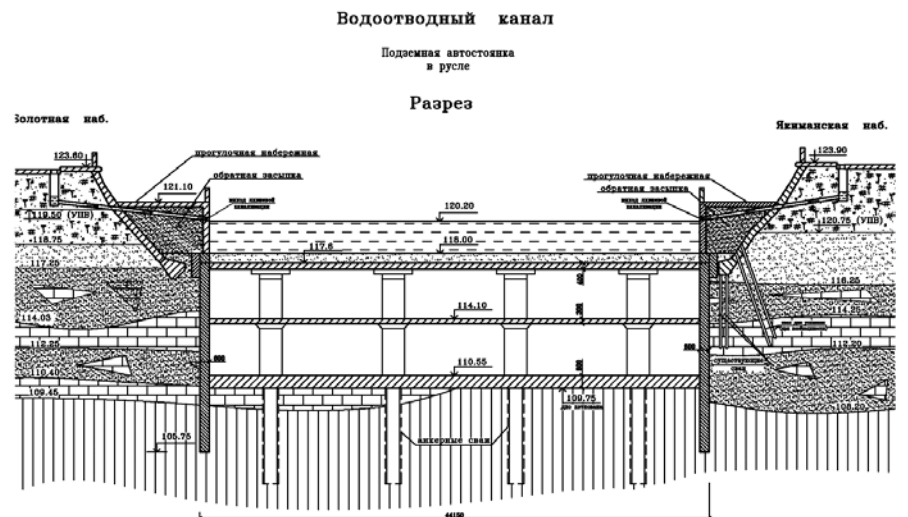


Рис. 6. Разрез паркинга для комплекса «Красный Октябрь». 2006 (НИИОСП) с сохранением водной части канала



Рис. 7. Устройство двухэтажного паркинга ниже дна реки в пригороде Парижа; а) устройство гидроизоляции перекрытия паркинга (вода реки временно пущена через трубу); б) укладка защитных плит – искусственного дна реки; в) строительство завершено, о нём напоминают только въездные порталы паркинга (Soletanche-Bachy)

ительство новой сцены Мариинского театра потребовало соответствующих парковок. Аналогичное решение было предложено фирмой Салетанш-Баши –

паркинг под каналом в пригороде Парижа (рис. 7). По компоновке он близок к возможному паркингу под Крюковым каналом, который расположен между

двумя сценами театра. Это может дать более 1000–1500 парковочных мест в центральной части Петербурга рядом с крупнейшими в Петербурге зрительными залами (сцены Мариинского театра и зал Консерватории). **T**

Литература

1. Улицкий В. М. и др. Геотехнические проблемы больших городов // Геотехника. 2011. № 6.
2. Кузнецов А. П. и др. Пути решения транспортных проблем мегаполисов. М.: ВИНТИ РАН, 2011.
3. Пат. № 76028. Ограждающий геотехнический железобетонный элемент.
4. Пат. № 2465401. Способ возведения подземных сооружений методом «стена в грунте» ОАО НИЦ «Строительство». 2011.
5. Степанова В. Ф. Неметаллическая композитная арматура // ЖБИ и конструкции. 2012. № 2.
6. Бикбау М. Я. Наномодифицированный капсулированный цемент // Вестн. РАЕН. 2012. № 3.
7. Металлический шпунт для использования в постоянных сооружениях. Стандарт организации НИЦ «Строительство». 2012.

Наш новый проект — федеральный журнал

Специализированное издание
о достижениях отечественной науки
и производства по всем видам транспорта

НАУКА и ТРАНСПОРТ

Целевая аудитория —
ведущие специалисты
транспортного комплекса
и смежных отраслей.

График выхода издания и темы номеров:

29.03.2013 **Морской и речной транспорт**
31.05.2013 **Модернизация железнодорожного транспорта**
16.08.2013 **Гражданская авиация**
15.11.2013 **Транспортное строительство**

Тираж 7000 экз.
Формат А4
Полноцветная
печать

По вопросам подписки и размещения рекламы обращайтесь в редакцию:
ООО «Т-ПРЕССА», 190031, Санкт-Петербург, Московский пр. д.9, офис 8-149
Тел. (812)310-40-97 www.rostransport.com