

Том 3 · # 3 · 2018

ГОРОДСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИКИ



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКВА · 2018

Vol. 3 · # 3 · 2018

URBAN STUDIES AND PRACTICES



HIGHER SCHOOL OF ECONOMICS
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY

MOSCOW · 2018



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Высшая школа урбанистики имени А.А. Высоковского

ISSN 2500-1604 (Print)
ISSN 2542-0003 (Online)

Учредитель:
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
**«ВЫСШАЯ ШКОЛА
ЭКОНОМИКИ»**

Позиция редакции
может не совпадать
с мнением авторов.
Перепечатка материалов
возможна только
по согласованию
с редакцией.

Журнал зарегистрирован
21 июля 2016 г. Федеральной
службой по надзору в сфере
связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций. Свидетельство
о регистрации средства
массовой информации
ПИ № ФС 77 - 66568

**Адрес редакции
фактический:**
101000, Москва,
ул. Мясницкая, д. 13,
стр. 4, оф. 416
почтовый: 101000, Москва,
ул. Мясницкая, д. 20
тел.: +7 495 772-95-90*12173
e-mail: usp_editorial@hse.ru

**Адрес издателя
и распространителя
фактический:**
117418, Москва,
ул. Профсоюзная, д. 33, корп. 4
Издательский дом ВШЭ
почтовый: 101000, Москва,
ул. Мясницкая, д. 20
НИУ ВШЭ
тел.: +7 495 772-95-90*15298,
e-mail: id@hse.ru

ГОРОДСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИКИ
Том 3 · # 3 · 2018

Редактор-составитель

НИКОЛАЕВА О.В. (МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация)

Редакционная коллегия

ВАРШАВЕР Е.А. (РАНХиГС, Российская Федерация)
КОТОВ Е.А. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ОСТРОГОРСКИЙ А.Ю. (Архитектурная школа МАРШ, Российская Федерация)
РОЧЕВА А.Л. (РАНХиГС, Российская Федерация)

Редакционный совет

БЛИНКИН М.Я. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
АСС Е.В. (МАРШ, Российская Федерация)
ЗАМЯТИН Д.Н. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ЗАПОРОЖЕЦ О.Н. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ИЛЬИНА И.Н. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КИЧИГИН Н.В. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КОЛОКОЛЬНИКОВ А.Б. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КОРДОНСКИЙ С.Г. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КУРЕННОЙ В.А. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КОСАРЕВА Н.Б. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
КРАШЕНИННИКОВ А.В. (МАРХИ, Российская Федерация)
НИКОЛАЕВ В.Г. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ПУЗАНОВ А.С. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
РЕВЗИН Г.И. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
РУБЛ Б. (Международный научный центр имени Вудро Вильсона, США)
САФАРОВА М.Д. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
СИВАЕВ С.Б. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ТРУТНЕВ Э.К. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)
ХЕЙНЕН Н. (Университет Джорджии, США)
ШОМИНА Е.С. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)

Ответственный секретарь

Кодзокова Д.Р. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)

Менеджер

Бурова А.А. (НИУ ВШЭ, Российская Федерация)

Выпускающий редактор А.В. Заиченко
Компьютерная верстка Ю.Н. Петрина
Художник А.М. Павлов



ISSN 2500-1604 (Print)
ISSN 2542-0003 (Online)

Publisher:
NATIONAL
RESEARCH
UNIVERSITY
**HIGHER SCHOOL
OF ECONOMICS**

The editorial position
does not necessarily
reflect the authors views.
The reproduction of materials
without permission of the
editorial office is prohibited.

The journal is registered
July 21, 2016 in the Federal
Service for Supervision in the
Area of Telecom, Information
Technologies and Mass
Communications. Certificate
of registration of mass media
PI No. FS 77 - 66568

Address:
National Research University
Higher School of Economics
20 Myasnitskaya Ulitsa, Moscow,
101000, Russian Federation
tel: +7 495 772-95-90*12173
e-mail: usp_editorial@hse.ru

NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
HIGHER SCHOOL OF ECONOMICS

Graduate School of Urbanism

URBAN STUDIES AND PRACTICES
Vol. 3 · # 3 · 2018

Compiling Editor

OLGA NIKOLAEVA (*MSU, Russian Federation*)

Editorial Board

ALEXANDER OSTROGORSKIY (*MARCH Architecture School, Russian Federation*)
ANNA ROCHEVA (*RANEPA, Russian Federation*)
EGOR KOTOV (*HSE University, Russian Federation*)
EVGENY VARSHAVER (*RANEPA, Russian Federation*)

Editorial Council

MICHAEL BLINKIN (*HSE University, Russian Federation*)
EUGENE ASSE (*MARCH, Russian Federation*)
NIK HEYNEN (*University of Georgia, USA*)
IRINA ILINA (*HSE University, Russian Federation*)
NIKOLAY KICHIGIN (*HSE University, Russian Federation*)
ANDREY KOLOKOLNIKOV (*HSE University, Russian Federation*)
SIMON KORDONSKY (*HSE University, Russian Federation*)
NADEZHDA KOSAREVA (*HSE University, Russian Federation*)
ALEXEY KRASHENINNIKOV (*Moscow Institute of Architecture, Russian Federation*)
VITALY KURENNOY (*HSE University, Russian Federation*)
VLADIMIR NIKOLAEV (*HSE University, Russian Federation*)
ALEXANDER PUZANOV (*HSE University, Russian Federation*)
GRIGORY REVZIN (*HSE University, Russian Federation*)
BLAIR RUBLE (*Woodrow Wilson International Center for Scholars, USA*)
MARIYA SAFAROVA (*HSE University, Russian Federation*)
ELENA SHOMINA (*HSE University, Russian Federation*)
SERGEY SIVAEV (*HSE University, Russian Federation*)
EDOUARD TRUTNEV (*HSE University, Russian Federation*)
DMITRY ZAMYATIN (*HSE University, Russian Federation*)
OKSANA ZAPOROZHETS (*HSE University, Russian Federation*)

Executive secretary

Diana Kodzokova (*HSE University, Russian Federation*)

Manager

Anastasia Burova (*HSE University, Russian Federation*)

Executive Editor Anna Zaichenko

Pre-Press Yulia Petrina

Designer Andrey Pavlov

СОДЕРЖАНИЕ

7 / ФОРУМ

24/ ОТ РЕДАКТОРОВ

СТАТЬИ

25/ O. NIKOLAEVA

Review: Road Transport as the Key Source of Environmental Pollution in Cities, and the Associated Human Health Risks

36/ В.В. ТИХОНОВ, О.В. НИКОЛАЕВА, П.А. ПИЛЬГУН

**Оценка численности микроорганизмов в воздухе
общественного транспорта Москвы в зимний период**

48/ С.А. КУЛАЧКОВА, Я.И. ЛЕБЕДЬ-ШАРЛЕВИЧ,
Н.В. МОЖАРОВА, А.М. НИКОЛАЕВА

Роль городских почв в регулировании эмиссии парниковых газов в атмосферу

69/ T. WIMMER, M. THURNER, U. DORAU, H. FRISCH, O. RATHSCHÜLER

**High Quality Open Spaces in Urban Development –
Selected Examples from Graz, Austria**

99/ Е.А. ТИМОФЕЕВА, Е.И. КАРАВАНОВА

**Оценка экологического состояния Москвы-реки
в районе Курьяновских очистных сооружений**

CONTENTS

7/ FORUM

24/ EDITORIAL

ARTICLES

25/ OLGA NIKOLAEVA

Review: Road Transport as the Key Source of Environmental Pollution in Cities, and the Associated Human Health Risks

36/ VLADIMIR TIKHONOV, OLGA NIKOLAEVA, POLINA PILGUN

Quantity of Airborne Microorganisms in Public Transport of Moscow in Winter Period

48/ SVETLANA KULACHKOVA, YANA LEBED-SHARLEVICH, NADEZHDA MOZHAROVA, ANNA NIKOLAEVA

The Role of Urban Soils in the Regulation of Greenhouse Gas Emissions

69/ THEODOR WIMMER, MARIA-BERNADETTE THURNER, USCHI DORAU, HEIMO FRISCH, OLIVER RATHSCHÜLER

High Quality Open Spaces in Urban Development – Selected Examples from Graz, Austria

99/ ELENA TIMOFEEVA, ELIZAVETA KARAVANOVA

The Evaluation of the Ecological State of the Moscow River Near the Kuryanovo Water Treatment Facilities

ФОРУМ¹

Гладкий Кирилл Владиславович², главный архитектор проектов Архитектурного бюро «Остоженка»;
Российская Федерация, 119034, Москва, Турчанинов пер., д. 6, стр. 2, оф. 202;
профессор Международной академии архитектуры (IAAM), отделение в Москве (МААМ);
советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).
E-mail: gladky@ostarch.ru

— Что приходит Вам в голову как архитектору, человеку, связанному с урбанистикой, когда Вы слышите словосочетание «экология города»?

— Экология — это наука, занимающаяся взаимоотношениями популяций, сообществ (надбиологическими организованными структурами), тем, как они функционируют, как развиваются в пространстве и во времени, и каким образом это происходит при участии антропогенного фактора и без него. Город сам по себе искусственен и создан человеком, это результат антропогенного воздействия на природу, рельеф и ландшафт. Неважно, при каком социальном укладе и в какой экономической формации он существует, город использует свои ресурсы и ресурсы прилегающих территорий. Для меня словосочетание «экология города» еще не вполне устоявшееся, привычное. С другой стороны, нельзя отрицать существующий массив знаний, объясняющий воздействие не отдельных людей, но комплекса города в целом на свое окружение, в том числе природное. И в то же время — как природа воздействует сначала на материальную сторону города, а затем и на сообщества. Отмечу, что в современном мире понятие «экология города» довольно плотно связано не то чтобы со спекуляциями, но с определенным влиянием на власть и общество со стороны радикальных экологических сообществ.

Экология города обусловлена тем, насколько грамотно изучено место его расположения. Если такие мегаполисы, как, например, Москва, не будут учитывать окружающую их среду, мы придем к бездумному использованию ресурсов, включая земельные. Например, в Москве преобладают ветра с северо-запада, и если на леса, расположенные на северо-западе, будет оказываться серьезное антропогенное воздействие, город задохнется. С юго-востока тоже часто дуют ветра, но лесов в результате хозяйственной деятельности человека там мало, поэтому воздух не очищается. Соответственно, в рамках комплексного анализа обязательно должен рассматриваться природно-экологический каркас города — он обуславливает жизнь, «устойчивость» территории. Иначе на пустом месте могут возникнуть проблемы природно-климатического характера. Мы же должны поступать так, чтобы будущим поколениям это общественное благо досталось хотя бы в том же виде, что и сейчас, — это будет нашей большой заслугой. Вы можете сами сравнить, как было, когда вы родились, с тем, что есть сейчас. Речь идет о том, насколько рачительно с точки зрения экологии мы используем имеющиеся у нас ресурсы. На основании статистических данных и сравнительного анализа можно сделать определенные выводы.

¹ Редакция выражает благодарность Анастасии Буровой, Софье Галкиной и Марьям Бучулаевой за помощь в подготовке материалов интервью.

² **Kirill Gladkiy**, Project Architect, Ostozhenka Architects; office 202, 6 bldg. 2 Turchaninov pereulok, Moscow, 119034, Russian Federation; Professor of the International Academy of Architecture (IAA), Moscow Branch (IAAM); Adviser of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences.
E-mail: gladky@ostarch.ru

— Участвуют ли сейчас экологи в проектах развития территорий? И если да, то насколько важна их роль?

— В любой работе, связанной с проектированием (организацией, перенастройкой) территории (причем необязательно расширением, возможно, и со сжатием или консервацией), чем больше мы включаем аспектов исследования, тем богаче и шире будут наши выводы. Соответственно, экологи — важная и неотъемлемая часть консорциума специалистов. Часто или нет (привлекаются экологи к работе над проектом. — *Примеч. ред.*) — не знаю, но мы (Архитектурное бюро «Остоженка». — *Примеч. ред.*) стараемся на эту тему обращать внимание. Стоит сказать, что понятие экологии расширилось — сейчас оно включает различные социальные феномены, связанные с общественным мнением, образованием, культурой в целом. И знаменателем всего этого является бережное отношение к ресурсам.

— Насколько девелоперы, городские власти, градостроители осознают сейчас необходимость учитывать экологический фактор при развитии территорий?

— Зачастую в исследованиях или каких-то предваряющих проект документах все прекрасно, а на деле — никого не заставишь делать больше, чем требует норма или закон. В Градостроительном кодексе, на мой взгляд, тема общественного блага недостаточно раскрыта: там во главе угла стоят права и обязанности администрации, собственников, в меньшей степени сообществ, проектировщиков. Но если мы «культурные» (цивилизованные) люди, то необходимо стремиться к учету экологических факторов. Например, в действующем сейчас СП «Градостроительство» есть требование к озеленению территорий, но только в отношении крупных территориальных зон (межмагистральных территорий, планировочных кварталов, микрорайонов). В лучшем случае это зоны, ограниченные красными линиями, и львиная доля наших городов — микрорайоны, межмагистральные территории, а улицы в красных линиях довольно редко встречаются. Помимо исторического центра, где в этом смысле все в порядке, в микрорайонах в основном роль улиц выполняют территории общего пользования, в которых с наполненностью зелеными зонами, кажется, благополучно, но в каком они состоянии — большой вопрос. Поскольку очень часто нет средств, чтобы содержать их в порядке: вырубать подлесок, чистить русла рек, бороться с эрозией... Одно дело в средней полосе, где климат приемлем, но у нас много населенных пунктов, в которых человеку сложно жить...

Возвращаясь к вопросу, насколько учитывается экологический фактор: на начальных этапах проектирования все хорошо, но когда дело доходит до реализации, делается только то, что требуется по нормам.

Есть проблемы и с промышленными зонами, оказавшимися внутри городов: выносить их было бы странно, особенно если предприятие действующее. Но если по санитарно-эпидемиологическим нормам можно не ставить более современные очистные сооружения, то никто этого и не делает, а, например, в Китае, при создании технологического кластера, связанного с гальваникой, были открыты сначала не заводы, а очистные сооружения. И лишь после этого стали открываться предприятия — в результате был создан благополучный в плане экологии кластер.

Еще в Китае вообще нельзя рубить леса. Если бы было принято такое же решение, например, в Москве в 70-километровой зоне вокруг города, это бы сильно повлияло на улучшение экологической обстановки не только в Москве, но и в Подмосковье.

Несколько лет назад я оказался в Петербурге в марте. Снег уже сошел, но травы еще не было, а площадок-газонов — много. И на их месте была пыль. Если брать в качестве примера какой-либо европейский город, он оказывается довольно серьезно замощен. Есть парк, но при этом на площадях и улицах нет такого количества газонов. В целом получается довольно благополучная история, потому что есть масса способов озеленения не только за счет газонов. Нужно подумать, а стоит ли именно так озеленять?

— Правильно ли я понимаю, что главная проблема — это отсутствие разумных норм для реализации?

— Я бы сказал, что проблема не в «разумности», они, может, и разумные, хотя некоторые архаичны, а некоторые не замечают современность, актуальные виды деятельности, соответ-

ственно, не учитывают будущее. Проблема в том, что нормы, бывает, противоречат друг другу и несбалансированны — непонятно, какую цель они в своей совокупности преследуют? Если цель будет обозначена (естественно, в рамках осмысления социально-экономической формации, в которой мы находимся), то есть надежда, что все наладится. Появятся новые субъекты деятельности. Не только, как сейчас, глава региона, государства, крупные девелоперы, но и глава муниципалитета, сообщества горожан и т.п.

— То есть, получается, и достаточной экологической компетентности нет, чтобы привести всё в порядок?

— Да, компетенции появляются тогда, когда они востребованы. Тогда знание накапливается. Если в нашей стране сокращают штаты лесхозов, тысячи гектаров леса погибают от жука-типографа — это результат ставшей уже обыденностью «оптимизации», вылившейся в примитивное сокращение должностей. В Подмоскovie гораздо меньше лесных массивов пострадало от антропогенного воздействия, чем от короеда. Все экологические программы должны подчиняться общей цели, а если ее нет — какие претензии можно предъявлять даже самым замечательным нормам? Можно написать в генплане города «городской лес», и вы представите лесопарк вроде Кусково, но окажется, что это просто заросшая брошенная непроходимая территория. Необходимо иметь много вариантов решения проблемы и думать, кто в каждом случае за это будет отвечать.

Каким может быть выход из этой ситуации — сложно сказать. Нужно понимать, какая модель существует сейчас, нужно ее описывать, в том числе социологически, и открывать для себя, осваивать страну по-новому. Думать, кто может еще быть субъектом экологической деятельности; и если эти субъекты готовы, они будут привлекать компетенции, людей с соответствующими знаниями. Например, в Риме, положим, около пятисот архитекторов, и у всех есть работа, при этом строится пять домов в год. Вопрос: почему они не безработные, и на архитекторов продолжают учить? Ответ: потому что они занимаются консалтингом, в том числе и экологическим.

Мы живем в советском наследии: многие населенные пункты формировались в соответствии с потребностями производства, это фиксировалось и в функциональном зонировании населенных пунктов. Сегодня многое из этого не востребовано и оказывает негативное влияние на экологию. Что делать с этим наследием? Когда мы ответим на *этот* вопрос, мы сможем ответить на вопрос, как это лучше сделать с учетом экологических аспектов.

— Можно ли сказать, что сейчас роль экологов, занимающихся городом, не очень важна?

— К сожалению. Но при этом Департамент природопользования — очень уважаемая в Москве и жесткая структура, которая пытается отстаивать границы охраняемых природных территорий согласно Градостроительному кодексу, проводить линии градостроительного регулирования вокруг природных комплексов. Но нужно учитывать, что бюджеты страны пополняются в основном от добычи и первичной переработки полезных ископаемых, роль других источников средств в бюджете не так велика. В такой модели город — только потребитель...

— Насколько оптимистично Вы смотрите в будущее? Как Вы думаете, будет ли возрастать роль экологов, смогут ли они влиять на ситуацию?

— В рамках того, что происходит, оптимизм — единственное, что нам остается как инструмент взаимодействия с реальностью.

Если сложившаяся у нас социально-экономическая модель жизнеустройства будет актуализирована в рамках современного мира, на его фоне, мы трезво опишем нынешнюю ситуацию и поймем и примем ее, у экологов, как и у других профессионалов, появится шанс быть услышанными, и все наконец займутся своим делом.

Курячий Иван Михайлович³, научный сотрудник факультета городского и регионального развития НИУ ВШЭ; Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20; управляющий партнер Проектно-консалтинговой компании «Новая земля»; Российская Федерация, 107078, Москва, ул. Новорязанская, д. 18.
E-mail: ivan.kuryachiy@nzemlya.com

— Что прежде всего приходит Вам в голову как человеку, занимающемуся урбанистикой, когда Вы слышите словосочетание «городская экология»?

— В первую очередь в голову приходит физический аспект этого термина — это качество воды, воздуха, почв в городе, состояние экосистемы в целом. То, насколько эта экосистема устойчива, насколько она может функционировать, поддерживать свои качества без вмешательства коммунальных служб. Потому что у нас есть проблемы с тем же самым дренажом — на большей части территории городов нет нормальной циркуляции воды, которая попадает из атмосферы в почву и которая должна дренироваться через испарение. У нас существенный перекося в искусственное дренирование. Во-вторых, я думаю об экологии с точки зрения воздействия окружающей среды на человека. Это все то, что жители города получают от внешней среды, — нагрузку аудиальную, визуальную. И это тоже важно, еще и потому, что этот аспект как бы остается за скобками в процессах городского развития. Если брать в качестве примера Нью-Йорк, то там еще до Второй мировой войны были иски жителей по поводу высокого уровня шума, они даже рассматривались в судах. Этот аспект серьезно влияет на качество жизни, и то же самое можно сказать про визуальную нагрузку на горожан, что подтверждает ряд исследований.

Мне кажется, физический аспект термина очень важен для многих российских городов, особенно индустриальных. Качество воды, воздуха, почв в них настолько плохое, что отрицательно влияет на здоровье жителей. Мы работали с металлургическими городами Сибири, начиная от Красноярска и заканчивая небольшим Саяногорском. Металлургические комбинаты и угольные станции оказывают сильное влияние на здоровье жителей. Процент раковых заболеваний и болезней легких в этих городах гораздо выше, чем в соседних городах, где нет металлургических заводов. В этом случае про аудиальную и визуальную нагрузку можно даже не говорить.

— Приглашают ли сейчас в проекты развития территорий специалистов-экологов? Как часто это бывает? Какова их роль?

— Да, это важный момент. Мы работаем над проектами развития территорий, городских пространств, городской среды, и у нас всегда есть специалисты, которые работают с экологическими составляющими, с разработкой ландшафтных решений, с подбором зеленых насаждений. Последнее тоже важно, потому что нужно выбрать те растения, которые приживутся в этой конкретной локации, причем не будут требовать излишних ресурсов на их поддержку, орошение, полив. Нужно подобрать такие растения, которые будут устойчиво «работать» без дополнительных затрат, без искусственной поддержки. И, соответственно, выбор почв определяется этими же специалистами.

Но здесь есть экологические аспекты, которые редко учитываются. И соответствующих специалистов редко привлекают к проектам городского развития. Речь о косвенных аспектах, включающих экстерналии, которые также могут воздействовать на экологию, но на другом уровне. Например, в стандарте экологического строительства LEED поощряется применение материалов, изготовленных в 100-мильной зоне от участка строительства. Это важно для снижения отрицательного влияния на окружающую среду, поскольку большое транспортное плечо требует больше топлива. И, кроме того, при использовании местных материалов, что также

³ **Kuryachiy Ivan**, Research Fellow, Faculty of Urban and Regional Development, HSE University; 20 Myasnitckaya Ulitsa, Moscow, 101000, Russian Federation; Managing Partner, NOVAYA Planning and Development Consultancy; 18 Novoryazanskaya Ulitsa, Moscow, 107078, Russian Federation.
E-mail: ivan.kuryachiy@nzemlya.com

важно, можно проконтролировать, что их будут производить без ущерба природе. Вот пример учета косвенных факторов, что у нас практически никогда не делается. Наверное, это важнее для крупных проектов, но и на отдельных объектах такие решения также применимы. Для этого нужно иметь возможность изменить набор материалов, с которым идет работа в проекте.

Природный контекст — базовый для проектов развития территорий. Один из самых крупных наших проектов — территория в Красноярске на месте заброшенной плодово-ягодной станции, где раньше были посадки опытного экспериментального хозяйства. Там выращивали, например, растения для Восточной Сибири, которые могли давать урожай в условиях местного сурового климата. И когда девелопер инициировал проект, мы с коллегами, которые занимаются ландшафтом, проанализировали, какие посадки можно сохранить и включить их в план девелопмента как зеленый каркас. Чтобы не уничтожить те посадки, которые можно сохранить, мы планировочными решениями «встраивались» в эту структуру зеленых насаждений. Но материалы, заложенные в проект девелопмента, мы не могли менять. Сами здания были выбраны заказчиком, у которого был собственный производственный комплекс по монолитному строительству. Но есть планы идти дальше и работать также с этой составляющей проекта.

— То есть работать не только с территорией, но и непосредственно с материалами...

— Да, и с материалами, из которых производятся здания. Но еще важнее на нулевом этапе проекта определить для него оптимальную локацию. Потому что если мы выбираем территорию, имеющую низкую связанность с основными зонами активности в городе, основными местами размещения рабочих мест, то тем самым мы увеличиваем время, которое люди тратят, чтобы добраться до места работы, учебы, проведения свободного времени, что создает экологическую нагрузку на город. Это прямая нагрузка, связанная с тем, что транспорт создает плохой экологический фон. Кроме того, для горожан существует отрицательный фактор потери времени в пути. Если город компактный, ориентированный на пешехода, мы размещаем новые объекты, основываясь на уровне обеспеченности общественным транспортом и уровне связанности транспорта с центрами городской активности. Тем самым мы снижаем экологическую нагрузку на город, потому что люди выбирают альтернативные методы мобильности — пешеходные, велосипедные — более экологические, с меньшим экологическим влиянием на город. Так развиваются Нидерланды, когда идет создание городских центров, имеющих высокую транспортную связанность между собой. Внутри центра этого городка, территории, городского района в пешей доступности можно получить набор основных социальных и коммерческих услуг. Следующий радиус доступен на велосипеде, а на общественном многоколесном транспорте можно добраться до других городских центров. Так устроена агломерация Ранштадт, где очень незначительное воздействие на экологию, в стране как раз поощряют ее снижение за счет планировочных решений и развития соответствующих средств мобильности.

— Если сравнивать зарубежные и российские практики, в чем будут совпадать роли эколога в России и за рубежом, а в чем различаться?

— Мне кажется, что в российской практике эколог работает в основном как раз с прямыми эффектами, с прямыми воздействиями, связанными с качеством воды, воздуха и почвы, и использует инструменты, которые позволяют это прямое воздействие каким-то образом улучшить. Они будут говорить, что необходимы станции фильтрации воды, чтобы была более чистая вода. Что важно установить фильтры на предприятиях, чтобы был более чистый воздух, и т.д. И что надо работать с почвой, не убирать листву для поддержания естественных природных процессов в городе.

У коллег, с которыми мы взаимодействовали в Нидерландах, на уровне страны и муниципалитетов есть утвержденные программы Circular Economy. Это набор мер по выстраиванию процессов поддержания жизнедеятельности города таким образом, чтобы было меньше перерабатываемых отходов, чтобы обеспечить умное управление городским развитием. Это оказывает влияние на экологию — соответственно, не прямое, а косвенное. Правильно планируем городское и региональное развитие, правильно размещаем места для жизни, учебы, работы, правильно настраиваем всю систему ЖКХ и транспорта. И за счет планировочных решений мы достигаем более качественного уровня воздействия на экологию. Это не отменяет необходимо-

сти снижения выбросов предприятий, не отменяет методов прямого воздействия на экологию. Но есть ведь еще и непрямые и косвенные эффекты, и они, конечно, огромны. Вот сейчас, например, идет дискуссия про западный городской диаметр в Петербурге — аналог московского, но еще более странный, потому что вообще не планируется общественный транспорт, это будет просто скоростная автомобильная магистраль, которая идет в центр. И она делается только для личного транспорта, на эстакадах. Понятно, что при этом будет негативный эффект для бюджета, но будут еще и экологические эффекты. В том числе будет шум от транспорта, барьеры могут только на несколько десятков процентов этот шум снизить. Кроме того, будет загрязнение воздуха. Пока идут дискуссии о том, пустить или не пустить на этот западный скоростной диаметр общественный транспорт и тем самым снизить негативное воздействие на экологию за счет того, что будет меньше частного транспорта. Но если планировать по уму, то можно вообще эту магистраль не делать, а инвестировать в общественный транспорт в масштабе всего города. И, в принципе, этот проект заменить на ряд инноваций в общественный транспорт, тогда можно получить еще больший экологический эффект. Такое решение обсуждается, например, транспортниками, но в рамках дискуссии люди, принимающие решение, такую опцию даже не рассматривают. Они видят только, что можно поставить звуковые барьеры или передвинуть эстакаду в другое место. Видят, например, вариант, который в Москве продвигается, — пустить скоростные маршруты вдоль железных дорог — такая опция на физическом уровне. Но на уровне планировочном, уровне городского управления, с учетом воздействия на экологию совершенно другими косвенными методами — это не рассматривается.

В том же Красноярске (и в Новосибирске) был замечательный проект городской электрички. И на федеральном уровне на него не выделили финансирование, а дали Москве на развитие МЦД и Санкт-Петербургу. А Красноярск — это город с очень высокой автомобилизацией на душу населения. И городская электричка за счет использования железнодорожных линий и маршрута через центр города могла бы действительно разгрузить дороги от личного транспорта. И дать тем самым значимый экологический эффект в городе, который задыхается от автомобильного смога, выбросов металлургического комбината и угольных ТЭЦ. Все воспринимали проект городской электрички как транспортный. Но фактически это проект и в области экологии: отказ части горожан от личного транспорта значительно снизил бы уровень загрязнения воздуха. Проект готов, проблема в том, что у нас в обсуждении проектов, связанных с городским развитием, участвует Минстрой, иногда транспортники, но не Министерство экологии. Оно занимается природными территориями и недрами, но в дискуссиях, касающихся городского развития, практически не задействовано. Это странно, потому что заниматься гепардами, конечно, хорошо, но люди живут в городах, и если Министерство экологии только делает рейтинги самых грязных городов и больше никак не вмешивается, то это очень странно. Возьмем тот же национальный проект цифровой экономики, в котором содержится концепция «умного города». «Умный город» воспринимается всеми как история про то, что нужно напичкать все датчиками и данными, камерами, системой слежения, мониторинга. Но если бы «умный город» воспринимался через историю про умное управление, про выстраивание процессов с минимальной нагрузкой на природную составляющую (как это делают в Нидерландах), про более эффективную систему управления городским хозяйством, то тогда в этом проекте должно принимать участие Министерство экологии. И не просто принимать участие, а этими инициативами заниматься. Но нет, у нас проектом «умного города» занимаются Минстрой и Минсвязи.

— Кто у нас тогда занимается экологией города?

— Вот это грустная история. У нас есть региональные и муниципальные департаменты, отвечающие за сферу экологии. Но практически никогда эти ведомства не имеют решающего голоса при разработке, например, генерального плана города. Они принимают определенное участие, но основные разработчики генплана — это всегда департаменты строительства, ЖКХ, транспорта. Экология всегда почему-то на периферии процесса принятия решений — это зачастую неактивный и мало на что влияющий департамент. Это грустно, поскольку, по-хорошему, они должны многие вещи определять и диктовать транспортникам, строителям. Экологи должны определять критерии качества жизни в городе, по которым будут приниматься транспортные и планировочные решения.

— Вы упомянули о концепции «умного города». Экологи могли бы сильно повлиять на ее развитие. Что они могли бы еще привнести в проекты развития городов?

— По сути, мне кажется, что экологический аспект и тема устойчивого развития являются основополагающими. Они должны задавать критерии всех решений, которые принимаются городскими администрациями — департаментами строительства, ЖКХ, транспорта. То есть эти критерии должны быть фильтром, матрицей, на основе которой принимаются решения о городском развитии. Потому что самое важное — это то, какое качество жизни мы создаем для жителей. Это основа. Но пока мы видим результат того, что экология где-то на периферии. Например, та система раздельного сбора мусора, которая сейчас в Подмосковье появляется, стала следствием протестных акций горожан, а не инициатив регионального Министерства экологии. Сейчас Московская область должна постепенно перейти на раздельный сбор мусора, но пока делают только два бака: «чистые» и «грязные» отходы. Но раздельный сбор вводится, позитивный тренд есть. Есть федеральная инициатива, в соответствии с которой все регионы должны разработать в 2019 г. схемы по сбору и утилизации мусора. То есть процесс идет, но он идет после критических событий в области экологии.

В ряде регионов из-за бездействия городских служб горожане берут какие-то функции на себя. Так, в Красноярске из-за отсутствия системы мониторинга качества воздуха местные жители за свой счет сделали аутсорсинг-платформу с датчиками, размещенными по всему городу. Есть приложение, в нем все смотрят, какое состояние воздуха в каких районах. Но это отдельное тактическое решение, я очень надеюсь, что когда-нибудь экологический аспект войдет в планировочную практику как системный и основополагающий.

— Насколько другие эксперты, также занимающиеся вопросами городского развития, например, городские власти, девелоперы, осознают необходимость участия экологов в этих проектах?

— Вопрос в том, что зачастую в тех городах, в которых ситуация с экологией катастрофическая, есть базовое предприятие, которое, собственно, эту ситуацию и создает. И власти не могут идти им наперекор, потому что эти предприятия — основные налогоплательщики в этих городах и регионах. Поэтому там экологов и не привлекают — понятно, что тем самым местные администрации породили бы конфликт с системообразующими предприятиями. Девелоперы, в принципе, за то, чтобы формировать более качественный с точки зрения экологии продукт. Другое дело, что ряд действий, который для этого требуется, означает ряд дополнительных затрат, увеличение стоимости квадратного метра. А цены на рынке идут вниз, маржинальность проектов во многих регионах близка к нулевой. Соответственно, девелоперы, наоборот, сокращают затраты, пытаются снизить стоимость продукции. И, конечно, им не до инвестиций в экологически чистые решения. Но есть интересные предложения федеральных ведомств. Например, сейчас Минпромторг внес инициативу по продвижению строительства из дерева в рамках стратегии развития лесной промышленности. Предлагается ввести определенный процент зданий, которые должны быть произведены из дерева. Из тех, что строятся за государственный счет, — школы, больницы и т.д. В принципе, эта инициатива достаточно интересна, потому что дерево — возобновляемый ресурс. Если грамотно при вырубке высаживать новые саженцы и формировать новый девелопмент, качественно относясь к лесным ресурсам, то это хорошая инициатива. И она появилась на федеральном уровне. Если хотя бы те объекты девелопмента, которые делаются за федеральный, региональный, муниципальный — за государственный счет, будут делаться с соблюдением высоких экологических стандартов, то уже это окажет сильное положительное влияние на экологию. Потому что достаточно много объектов социальной инфраструктуры строится за счет государства. Мне кажется, что именно с федерального уровня может прийти какая-то позитивная инновация. Потому что это законодательно закреплённая регуляторная мера и на нее можно полагаться. Пример — те же федеральные требования по региональным схемам сбора и переработки мусора. При этом девелоперы сами вряд ли выйдут с инновациями в области экологии. А муниципальные и региональные администрации просто не обладают нужным ресурсом для изменения ситуации.

И второе, по поводу девелопмента и, например, той же инициативы по деревянному строительству. Недавно я принимал участие в воркшопе в Архангельске совместно со шведскими организациями — как раз по теме деревянного строительства. Обсуждали эти вопросы в том

числе с местными жителями — в городе много дореволюционной и ранней советской деревянной застройки. Она вся выжигается и заменяется новыми зданиями из бетона. Мы говорили о том, что в тех регионах, где исторически преобладало деревянное строительство, есть ресурс его дальнейшего развития. Можно продвигать тему создания объектов из дерева, и это тоже качественное воздействие на экологию.

По сути, можно выделить несколько уровней: уровень работы со зданиями/сооружениями, уровень планировочный, уровень более высоких экологических стандартов. На уровне объектов — грамотно заниматься объектами из дерева. На планировочном уровне можно выбирать правильное размещение объектов, с учетом транспортных инженерных решений, их оптимизации. И на уровне работы с городской средой выбирать правильные ландшафтные решения, правильные системы обеспечения естественного дренажа, правильный подбор многолетних растений, которые не нужно каждый год заново высаживать. Деревья из подходящей климатической полосы приживутся здесь, их не нужно будет орошать, поливать, опрыскивать. То есть будут использоваться материалы, качественно встроены в существующую экосистему и имеющие минимальное негативное воздействие на нее.

Мне кажется, что пока мы работаем на самом нижнем уровне решений. На уровень работы с городом, с экосистемой, мы еще не вышли. Но необходимо это делать. Нужно рассматривать город как цельную экосистему, и тогда наши решения намного сильнее будут воздействовать на экологию, чем базовые предложения по ландшафту, зданиям, их проектированию в соответствии с BREEAM, LEED⁴ и другими экологическими стандартами. Тогда вообще можно найти очень много решений, где природные объекты пересекаются с объектами городскими, где можно создавать зеленые каркасы, создавать системы велосипедно-пешеходных связей, альтернативных моторному транспорту. Это очень важно. Даже в крупном мегаполисе Милане есть план развития зеленых планировочных «клиньев», которые они встраивают в структуру города. Там регулярные проблемы со смогом и эта стратегия ориентирована на их решение.

— Что можно сказать о компетентности наших современных градостроителей и урбанистов в вопросах экологии?

— Ну, сложно про всех сказать... Я еще раз повторю, что основные решения по развитию городов принимаются их администрациями. И департаменты, связанные с экологией, к сожалению, достаточно слабые и мало влияют на процесс принятия решений по городскому развитию, по городскому планированию. Таким образом, экологический аспект мало учитывается, это проблема. Главные решения по развитию города принимаются руководителями департаментов строительства, а не ответственными напрямую за экологию и качество жизни. В российских городах почти всегда экология — это какая-то вторичная история, которую надо учитывать только формально. Основное — это инвестиции в производство и стройка. Экология идет фоном, она зависима от решений, которые принимаются в этих двух областях. То есть компетентные специалисты-экологи будут востребованы, если изменится система принятия решений о том, как развивать город, какие принимать решения по инжинирингу, по транспорту.

Мы сейчас делаем совместный проект с НИУ ВШЭ, посвященный индексу Transit Oriented Development, городскому развитию на основе обеспеченности территории общественным транспортом. Индекс TOD переводим в конкретные расчетные инструменты, чтобы можно было индексировать территории и принимать решения по новым объектам или редевелопменту на его основании. Чтобы можно было не нагружать территории, которые не обеспечены общественным транспортом, а привязывать новое развитие только к тем территориям, которые уже обеспечены общественным транспортом и имеют соответствующий свободный ресурс. Тем самым не сдвигать модальное расщепление в сторону личного транспорта, не растягивать урбанизированную территорию туда, где нет обеспеченности транспортом и инженерной инфраструктурой. Мы пытаемся «приземлить» индекс, адаптировать его к отечественной городской статистике, хотя бы по тем данным, которые есть, множества данных просто нет в наличии.

И, в принципе, если будут подготовлены соответствующие целевые показатели, экологическое направление будет приоритизировано в городском развитии. Вопрос только в том, что

⁴ LEED <<https://new.usgbc.org/leed>>. BREEAM <<https://www.breeam.com/>>.

таких целевых показателей практически нет. Есть целевые показатели по вводу квадратных метров жилья, по привлечению инвестиций в рабочие места на производстве и т.д. Целевые показатели определяют направления развития города. Если в сфере городского развития как основные целевые показатели будут законодательно закреплены характеристики качества воздуха и воды, то вся система принятия решений о городском развитии изменится. Но пока непонятно, как их можно поставить на такой уровень. В случае с Красноярском дошло до того, что на время приезда президента страны на несколько дней остановили предприятия, чтобы улучшить качество воздуха в городе. После этого он заявил, что нужно заниматься экологией промышленных городов. Получается, что на уровне города этой проблемы не решили, на уровне региона не решили, и нужно было, чтобы это дошло до федерального уровня, в результате чего появились соответствующие инициативы.

Если началась история со сбором мусора, то в какой-то момент может появиться тема про федеральные стандарты качества воды и воздуха. Это, на самом деле, просто сделать, определить критерии качества воды и воздуха — это считающиеся конкретные цифры. Если их зафиксировать как целевые показатели, чтобы ниже этого стандарта опускаться было нельзя, то это сразу повлечет за собой решения в области транспорта, ЖКХ и планирования. И тогда вся цепочка начнет перестраиваться и понадобятся новые компетенции людей, связанных с экологией, с системами устойчивого транспорта, разных видов мобильности. Систему целевых показателей нужно выстроить так, чтобы мы создавали город, регион, страну с высоким качеством жизни. Тогда в городском и региональном развитии все повернется в правильную сторону.

— То есть, если я правильно понимаю, когда изменится модель целевых показателей, роль экологов может возрасти?

— Да! И роль собственно экологов как экологов, и роль специалистов в области транспорта, ЖКХ, городского развития, которые умеют и знают, как принимать решения в своих сферах с учетом экологических эффектов. Не только экологов, но и планировщиков, транспортников, инженеров, которые могут предложить решения, способные качественно воздействовать на экологию. Потому что нельзя сказать, что в отсутствие эколога проект городского развития не может в положительном ключе повлиять на экологию. Могут и транспортник с планировщиком предложить такое решение. Другой вопрос, что эффект от всех этих решений должен считаться для экологии — как мы улучшим экологию за счет оптимизации системы общественного транспорта, решений по мультимодальности и т.д. Это все должно давать какой-то качественный эффект для экологии. Для этого нужно установить экологическую систему целевых показателей и стратегии их достижения на федеральном уровне, потому что на уровне региона такие решения практически нигде не принимаются.

Я не припомню в регионах такой системы целевых показателей, которую сам регион воспринимал бы для себя как целевую. Интересный, кстати, момент, можно проверить, не выступал ли кто-то из регионов с такой инициативой по качеству и экологии. Не на уровне заявлений, а на уровне конкретных решений по ЖКХ, транспорту, городскому планированию. Потому что если брать лучшие проекты муниципального развития в Европе, можно упомянуть Нант — город назывался одним из лучших по качеству жизни, получал награды по городскому развитию. У города были экологические инициативы, например, по улучшению качества питьевой воды. У них было много муниципальных программ, направленных на экологию города, что-то было связано с инженерными решениями, но многие программы были связаны с планировочными решениями. Была программа обеспечения горожан зелеными зонами в пешей доступности от каждого домохозяйства. Например, Москва — очень зеленый город по проценту зеленых зон от территории города, но основные зеленые зоны расположены где-то на периферии. Кто-то живет в Марьино и не знает, что город зеленый. В Нанте установили целевой показатель обеспеченности многоквартирных домов зелеными зонами в определенном радиусе пешей доступности. Это пример целевого показателя в сфере городского развития и планировочного подхода, который дает позитивный эффект для экологии и качества жизни в городе.

Кичигин Николай Валерьевич⁵, кандидат юридических наук, доцент факультета городского и регионального развития НИУ ВШЭ; Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20.
E-mail: kichigin@mail.ru

— Скажите, пожалуйста, что приходит Вам в голову как человеку, который связан с урбанистикой, когда Вы слышите словосочетание «экология города»?

— Вообще, экология города — это многозначное понятие. Если понимать его узко, то это та совокупность компонентов природы, которая существует в городских условиях. Это животный мир, растительность, какие-то озелененные территории, водные объекты, то есть экология города с точки зрения биологического подхода. Но если смотреть шире, с точки зрения урбанистики, то экология города — это взаимодействие городской инфраструктуры и людей с природной средой.

— Участвуют ли экологи в проектах развития территорий? Если да, то насколько важна их роль?

— Я сомневаюсь, честно говоря, что в рамках проектов по развитию территорий активно участвуют экологи. Если только в части согласования на уровне органов власти. Например, если речь идет о крупном городе, где есть собственное экологическое подразделение, и оно участвует в согласовании проектов. Но я сомневаюсь, к сожалению, что экологи привлекаются на постоянной основе на стадии разработки проектных предложений.

— Осознают ли девелоперы, городские власти, градостроители, насколько сейчас важно учитывать экологические факторы при развитии территорий?

— Сейчас можно даже на примере рекламы строящихся объектов увидеть, что наличие озелененной территории, водного объекта расценивается как важное конкурентное преимущество. Что именно в рамках определенного проекта будет сохраняться окружающая среда, там рядом есть водный объект, лес, парк и т.д. Экологическая составляющая постепенно становится значимым фактором, влияющим на продажи и на стоимость конечного продукта. Но это происходит только на тех рынках, где есть уже определенная насыщенности предложения, и девелоперы вынуждены заниматься такими вопросами с точки зрения конкурентоспособности. Если же рынок не насыщен, то, как мне кажется, осознанной необходимости подчеркивать именно экологические аспекты уже не возникает. Чем более развитым становится рынок недвижимости, девелопмент, тем больше внимания он начинает уделять вопросам сохранения и улучшения окружающей среды.

Следует признать, что это происходит не только оттого, что девелоперы становятся экологически сознательными. Просто они начинают понимать, что расположение строящегося жилого дома или комплекса рядом с водным объектом, в озелененной зоне, либо отсутствие поблизости каких-то производственных объектов в итоге способствует продажам. Я думаю, что у них даже есть точное понимание, насколько выше можно оценить стоимость такого объекта. Неслучайно девелоперы ради этой коммерческой выгоды пытаются незаконно посягать на особо охраняемые территории, пользуясь лазейками в законодательстве и правоустанавливающих документах.

— У нас же получается так, что городская власть тоже должна учитывать этот экологический фактор и сохранять особо охраняемые зоны, не допуская подобного.

— В принципе, должна. Но речь больше идет не о сознательности чиновников или о том, что они плохие или хорошие. Речь идет о том, как выполняются требования законодательства. Мы видим, что захватываются, застраиваются скверы. В Москве, например, некоторое время назад происходили столкновения из-за застройки скверов. Как это оценивать? С одной сторо-

⁵ **Kichigin V. Nikolay**, Candidate of Legal Science, Associate Professor, Faculty of Urban and Regional Development, HSE University; 20 Myasnitskaya Ulitsa, Moscow, 101000, Russian Federation.
E-mail: kichigin@mail.ru

ны, Москва сохраняет и развивает многочисленные особо охраняемые природные территории. С другой стороны, действительно есть случаи, когда застройщики застраивают какие-то небольшие парки и скверы.

— Следовательно, главная проблема — это отсутствие компромисса и разумных норм для реализации?

— Здесь много проблем, на самом деле, нет одной главной проблемы. Запутанность экологических и строительных требований позволяет лавировать и искать лазейки для реализации проектов. В итоге получается, что, например, существует закрытый полигон отходов, и на небольшом расстоянии от него строится жилье. Когда начинают выяснять, как так получилось, не могут найти концов. Соглашусь с Вами, что неумение искать компромисс можно назвать нашей национальной чертой. Уступка в позиции воспринимается часто как недопустимая слабость. Нам также не хватает формализованных процедур согласования интересов, чтобы и девелоперы, и чиновники, и жители могли обсуждать спорные проекты, инициативы и приходить все-таки к компромиссу.

— То есть, получается, что и достаточной экологической компетентности у нас нет, чтобы всё привести в порядок?

— Нам необходимо отлаживать сам механизм взаимодействия при согласовании проекта и при оценке его воздействия. Механизм общественных обсуждений у нас формально есть, но он не очень эффективно работает, что и доказывают многочисленные градостроительные конфликты. Поэтому необходимо повышать эффективность того, что у нас уже есть, тех механизмов, которые уже существуют, — оценки воздействия на окружающую среду, публичных и общественных обсуждений, нужно усиливать обратную связь с целью учета мнения населения. Вместе с тем необходимо предлагать и новые механизмы, которые могли бы способствовать диалогу граждан, власти, девелоперов. Я недавно прочитал о том, что патриарх Кирилл по поводу строительства в Екатеринбурге храма, который вызвал острый конфликт с местными жителями, заявил, что, по сути дела, причина конфликта была в том, что людям никто ничего не рассказал. И я с ним во многом согласен в данном случае. С людьми открыто не поговорили, не донесли до них вообще, что там планируется делать. С людьми надо говорить, надо обсуждать, слышать их, учитывать мнение. Да, это, возможно, затягивает сроки реализации проектов, но сохранение гражданского мира, недопущение конфликтов важнее. У нас, к сожалению, пока власть, застройщики, по сути, боятся это делать, пытаются до последнего момента тянуть, а когда решение уже принято, начинают быстро его реализовывать в надежде избежать конфликта. Но часто такая модель не срабатывает. За границей происходит все с точностью до наоборот: они долго и тщательно все обсуждают, согласовывают, а потом уже начинают спокойно работать. А у нас проблемы начинаются, когда уже приступают к работам. Люди видят, что что-то происходит, начинается шум... Повлиять законными методами уже ни на что нельзя, по большому счету, поскольку разрешительная документация застройщиком получена, и возникает острый социальный конфликт, причем, возможно, что на пустом месте. Поэтому я считаю, что нужно использовать оправдавшие себя зарубежные практики. Ведь не от хорошей жизни власти за рубежом начали разрабатывать механизмы взаимодействия. Они тоже столкнулись с градостроительными конфликтами и нашли из них выход в этих коммуникациях с населением. И, я думаю, нам тоже от этого никуда не уйти, если мы хотим строить нормальное общество.

— Какова сегодня роль экологов, которые занимаются городом? Насколько они важны?

— Естественно, экологи важны, но экологи бывают разные. Есть экологи, которые работают в научных учреждениях, занимаются исследовательскими аспектами, то есть они нужны с точки зрения мониторинга и анализа проблем, поиска решений. Есть экологи в компаниях, которые занимаются экологическим консалтингом. Они разрабатывают документацию. Они, естественно, тоже важны, потому что именно они как раз и обеспечивают проведение публичных слушаний, они разрабатывают материалы, они оценивают последствия. И третий блок, это экологи, которые работают в госорганах, в органах местного самоуправления. Например,

Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. Естественно, они тоже нужны. Они выступают как чиновники, но тоже могут иметь профильное образование, чтобы понимать сущность проблем. Да, еще есть общественные экологические организации. Это четвертый блок. Но, к сожалению, они получают мало поддержки со стороны государства и не могут в достаточной мере влиять на принятие экологически значимых решений.

Все эти группы необходимы. Другое дело, что, к сожалению, сегодня как минимум экологи-исследователи и практикующие экологи не так сильно задействованы в анализе городской экологии. Причин этому много. Это и понимание наших девелоперов, которые не видят в этом необходимости. Это и законодательство, которое зачастую позволяет обходиться без участия экологов. Но они, конечно, должны принимать участие в градостроительном планировании и проектировании, потому что городскую среду, городскую ткань очень сложно менять без достижения консенсуса, и экологи во всех своих ипостасях, являясь носителями профессионального знания, могут говорить на общем языке.

— Насколько оптимистично Вы смотрите в будущее? Как Вы думаете, будет ли возрастать роль экологов? Смогут ли они влиять на сложившуюся ситуацию? И может ли как-то измениться экологическая обстановка с точки зрения поддержки этого направления?

— На данную проблему можно смотреть глобально и локально. Глобально я смотрю пессимистически, потому что то, что сейчас происходит, например, затопление огромных территорий в Иркутской области, по всей видимости, будет происходить все чаще и в большем объеме. То есть с точки зрения изменения климата у меня здесь очень пессимистичный взгляд на наше будущее. С локальной точки зрения, в части привлечения экологов в городские проекты, я более оптимистичен, поскольку в крупных городах потребность в профессиональных экологах все равно будет возрастать. В профессионалах, которые смогут грамотно оценить воздействие на окружающую среду и предложить меры по его минимизации. Задача государства этому способствовать, а общества — подталкивать к этому государство и бизнес. Чтобы экологам было выгодно идти в городскую сферу, чтобы развивать компетенции, получать новые знания. В общем-то, экологов сейчас готовят многие вузы, но нужна, конечно, городская специализация, например, эколог-урбанист. Здесь можно высказать несколько аргументов «за»: происходит урбанизация общества, большая часть населения переселяется в города. Этот процесс не замедлится, он будет только нарастать, скорее всего. Поэтому роль экологии города как сферы научного знания и роль экологов, я думаю, будут постепенно возрастать, как минимум в крупных городах, мегаполисах. Это означает, что такие эксперты будут появляться.

— Если мы говорим, что возможно пессимистичное развитие событий в каких-то единичных случаях, значит, это может принять масштаб более крупный и сложиться в общепринятую экологическую политику?

Если брать национальный уровень, общегосударственный, то сейчас есть определенный поворот к экологии. Об этом говорит президент страны, правительство России, региональные органы власти. Например, очень много обсуждений посвящено проблемам обращения с отходами. Я с начала 2000-х годов занимаюсь этими вопросами и вижу, что с 2010 г. происходит постепенный поворот в сторону экологии в государственной политике. Все больше и больше экологический фактор учитывается при принятии тех или иных решений. Мне кажется, что чем больше у нас будет экологических проблем, чем чаще они будут возникать, чем более тяжелые последствия они будут иметь, тем мы больше будем заниматься экологией. Это закономерно, тут ничего необычного, это элементарная логика. Именно по этой причине экологи будут со временем все более и более востребованными в нашем обществе. Те специалисты, которые смогут оценить последствия изменения климата, реализации тех или иных проектов, планов, программ. И, я думаю, что все к этому идет. В этом плане я в некоторой степени оптимист. Этот вывод, конечно, основан на пессимистичном представлении, что человечество ни к чему хорошему не идет в своем развитии, но, с другой стороны, это приводит нас к тому, что об экологии постоянно говорят. Когда за окном либо ливни, либо плюс пятьдесят, приходится этим заниматься. У нас нет другого выхода. Это вопрос, по большому счету, выживания людей, и в городах в том числе. Поэтому, скорее всего, в обозримом будущем мы не сможем обойтись без экологов, а экологи будут осваивать урбанистическую специальность.

Баевский Олег Артёмович⁶, профессор факультета городского и регионального развития НИУ ВШЭ;
Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20.
E-mail: oleg.baevskiy@live.ru

— Что Вам как урбанисту приходит в голову, когда Вы слышите словосочетание «экология города»?

— Выражение «экология города» у меня ассоциируется с городом как экологической системой, то есть некоторой совокупностью территорий, обменивающихся друг с другом различными воздействиями (подземными водами, воздушными массами). Для меня город — это динамическая система с различными видами коммуникаций между территориями, и экология города — одна из них. Чрезвычайно сложная для разработки, но очень важная.

— Какую роль играет в этом человек?

— Очень активную, поскольку он может действовать эффективно, используя особенности территории. Так же как мы можем выделить некий каркас транспортного взаимодействия, мы можем выделить каркас и экологической структуры города, имея в виду наиболее интенсивное оздоравливающее воздействие территории. Человек просто специфический субъект экологической системы города, довольно важный, но далеко не единственный.

— Кто сейчас занимается экологией города, например, ее изучением?

— Этим вопросом, мне кажется, занимаются в научно-исследовательских институтах и в какой-то степени в проектных организациях. Институт Генерального плана города Москвы довольно долго и серьезно занимался этим вопросом, но, к сожалению, сейчас научно-исследовательская деятельность очень плохо финансируется. Но есть учебные институты, например НИУ ВШЭ, которые могут позволить себе проводить такие исследования.

— Насколько вовлекаются экологи в городское планирование?

— Вовлекаются активно, в планировании экологическая составляющая очень важна, вопрос в том, что к ней можно подходить по-разному. Можно провести оценку окружающей среды, сделать прогноз, а затем отложить его подальше и мало увязывать проектные решения с данным прогнозом, обосновывая это тем, что довольно сложно оценить, действительно ли все последствия предлагаемых изменений в нем учтены. А можно пытаться вести экологические исследования в рамках общей для всех исследований методологической парадигмы: выявлять потенциал территории, смотреть, насколько он эффективно используется, пытаться предлагать решения.

— Есть ли разница между привлечением экологов в России и за рубежом?

— Я не могу оценить зарубежную практику, думаю, в последнее время экология занимает ведущие позиции. Но и в России Институт Генплана Москвы отличался своим комплексным системным подходом, там были представители всех составляющих территориального планирования, и экологическая школа была очень сильна.

6 **Oleg Baevsky**, Professor, Faculty of Urban and Regional Development, HSE University; 20 Myasnitskaya Ulitsa, Moscow, 101000, Russian Federation.
E-mail: oleg.baevskiy@live.ru

— Какой вклад вносит эколог города в проекты развития территорий?

— Вклад эколога определяется планировщиками, тем, насколько конструктивно они используют это знание. Экологический прогноз может остаться лишь формально необходимым разделом: он есть в проекте — и ладно, но может быть и использован. Например, недавно обсуждался вопрос эффективности системы водоотведения поверхностного стока. Даже в Москве более половины территории не обеспечено сбором поверхностного стока, тем более есть эта проблема в малых городах. И данный вопрос напрямую связан с тем, в какой степени «запечатана» территория города, а это одна из составляющих природно-экологической концепции. На самом деле, экологическая компонента может стать существенным элементом экономического развития города, его инженерного обустройства и т.д. Но это вопрос встроенности данной экологической компоненты в методологию принятия решений.

— Насколько городские власти осознают необходимость вовлечения экологов?

— Не могу говорить от их имени, но, на мой взгляд, степень такой осознанности невелика. Специалистов-экологов не склонны слушать, пока не запахнет жареным. Хотя это все не за горами, достаточно вспомнить актуальные для Москвы истории с помойками и свалками. При этом долгое время все было довольно благополучно. Может быть, что-то изменится, но пока в большинстве документов все сводится к формальностям. Нужно еще раз отметить, что вопрос моделирования природно-экологических воздействий на прочие компоненты городской среды очень сложен и поэтому малодоступен для проектировщиков.

Однако отношение девелоперов к экологам еще хуже. Все прекрасно понимают, что качественная экологическая оценка проекта увеличивает его стоимость. Обеспечивая сохранение окружающей среды, ты поднимаешь цену своего товара. Но когда на рынке дефицит, качество среды отходит на второй план. Пока вся страна хочет жить в Москве, не особенно важно, каково качество окружающей жилые среды.

— Можете ли Вы как-то оценить экологическую компетентность градостроителей?

— Для градостроителей непросто быть в этом компетентным, поскольку это связано с интеграцией экологического прогноза в методологию проектирования. Мало знаний об экологии как отдельном предмете, отдельной составляющей градостроительной деятельности. Если, скажем, развитие озелененных территорий общего пользования — вид градостроительной деятельности, то учет состояния окружающей среды — это отдельный предмет, который при этом является фундаментальным условием развития территории. И поэтому, чем в большей степени экологическое знание будет прикладным, тем конструктивнее мы сможем его использовать.

Сейчас экологически компетентны градостроители Института Генплана Москвы, там давние традиции участия в проектировании экологов. Был даже момент, когда Москомархитектура боролась с монополией экологов, поскольку специалисты Института Генплана требовали определенных условий своего участия. Но много ли таких компетентных специалистов? Трудно сказать, насколько укомплектован штат таких специалистов по всей стране... Большой вопрос, думаю, что недостаточно.

— И последний вопрос о будущем: как Вы думаете, будет ли роль экологов возрастать?

— Да, я абсолютно в этом уверен. Понятно, что экологическая составляющая городского развития очень важна в достижении его устойчивости и обеспечении воспроизводства природных ресурсов, в минимизации затрат на поддержание состояния городской среды. Таким образом, можно двигаться к самовоспроизводству как одной из задач обеспечения устойчивого развития.

Чесалов Сергей Михайлович⁷, кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор ООО «ЭКОЛАНДШАФТ-XXI ВЕК»; Российская Федерация, 127055, Москва, ул. Образцова, д. 7, стр. 6, оф. 202.
E-mail: ecoland21@mail.ru

— Что приходит Вам в голову как проектировщику, когда Вы слышите словосочетание «экология города»?

— Поскольку я уже «обременен» определенными знаниями о том, что такое экология, у меня в голове возникает несколько идей, касающихся в том числе и экологии города. То есть экологию города я понимаю не как какую-то новую модную дисциплину: экология города, экология человека, экология кошки, экология собаки, экология телевизора и т.д. Я сразу же представляю себе несколько проблем, которые здесь могут быть.

Описать эти проблемы легче всего на примере того, что уже есть. В городе есть среда, непригодная для жизни человека. Ее нужно сделать пригодной. Это прежде всего воздух. Это, для меня по крайней мере, возможность находиться среди зеленых насаждений. Для меня дома, сплошь вокруг стоящие, даже с зажженными окнами, — это пустыня. Очень унылая и отвратительная. Это, кроме того, вода. Причем, начиная с дождевой.

Мало, наверное, кто знает, что даже дождевая вода загрязнена. Она загрязнена из-за того, что захватывает пыль, которая поднимается от земли. От поверхности земли, поэтому, после того как выпадет снег, очень легко дышать. Многим, особенно русским, нравится это состояние. Они вдруг вспоминают, что может быть такой воздух. Прохладный чистый воздух — он целебный. Поэтому зима имеет огромное значение для тех, кто уезжает, им на новом месте тяжело. Это тоже, на самом деле, экология. Воздух, вода, зеленые насаждения, возможность среди них находиться. Это уже расширенное представление, но оно тоже имеет отношение к экологии. Возможно это сочетание в городе? Да, возможно. Именно сейчас таков мировой тренд. Все чаще и чаще мы слышим, что надо в мегаполисах внедрять такую структуру, в которой будет возможность находиться в чистой среде.

— Вовлекаются ли сегодня экологи в проекты развития территорий? Какова их роль в разработке проектов в России и за рубежом?

— В России существуют нормативы, которые определяют требования к проектной документации (Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»). В состав проектной документации в обязательном порядке должен входить экологический раздел — «Перечень мероприятий по охране окружающей среды». Кроме того, для разработки любого проекта требуются инженерно-экологические изыскания. В особых случаях, предусмотренных законом, проводится Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ). Все эти положения требуют участия экологов.

Но если говорить не о привлечении в рамках соблюдения существующих нормативов, то это возможно только через архитекторов. Если архитекторы понимают эту проблему, то приглашают в свою группу специалистов, которые будут заниматься проблемами, связанными с экологией. Если говорить о старых крупных организациях, — может, сейчас таких и не осталось уже, — то они привлекают экологов лишь в той степени, в которой требуют существующие нормативные документы. Это тоже немало, в некоторых случаях вообще невозможно добиться их соблюдения. А какие-то инновации... вот в Москве в последнее время сложилось так, что у С. Собянина есть советники, которые говорят, что нужно перенимать опыт западных стран. И стали приглашать специалистов из Голландии, Германии, уже обращают на это внимание.

Например, для очистки поверхностных вод (дождевых, талых, поливочных) на Западе в городах все чаще используются природоподобные системы биологической очистки растительным сообществом (фитоочистные сооружения, ветленды, биоплато). В Москве тоже есть

⁷ **Sergey M. Chesalov**, PhD, General Director, "ECOLANDSHAFT-XXI VEK" ООО; office 202, 7 bldg. 6 Obratsova Ulitsa, Moscow, 127055, Russian Federation.
E-mail: ecoland21@mail.ru

такие примеры — габионные очистные фильтрующие сооружения (ГОФСы). Это как раз пример экологического видения инженерной проблемы очистки поверхностного стока. Когда-то создание подобных сооружений было нашей личной инициативой, а четыре года назад мы получили за это золотой диплом «VII Российской национальной премии по ландшафтной архитектуре 2015» в номинации «Лучший объект экологического, инженерного дизайна». Эти очистные сооружения работают так же, как все сооружения ливневого стока. Отстойник, первая ступень очистки, фильтры, потом еще один дополнительный отстойник, потом еще один фильтр и биоплато — водный бассейн, засаженный водными растениями-макрофитами. И в финальной части — камера с сорбентом, который производит доочистку стока до требуемого уровня. Вода самотеком подается в это сооружение и выходит в виде ручья. Все спроектировано, вписано в ландшафт, представляет собой полностью законченный экологический продукт и по назначению, и по внешнему виду. Но он уничтожен в Москве. Так как его нужно было обслуживать, а организация, которая должна была за него отвечать, не взяла его на баланс. Сейчас это просто руины, заросшие травой. Единственное в Москве сооружение такого рода было сделано по специальному постановлению, в природоохранной зоне.

Это пример того, привлекаются ли к решению градостроительных задач экологи. Они привлекаются, но это еще и пример того, как относятся к экологии эксплуатирующие организации, которые обязаны обслуживать сооружения по отводу поверхностных вод. Возможно, только введение каких-то нормативов изменит ситуацию. Ввести стандартами положение, что такие сооружения обязательно должны присутствовать в городе. И вот мы ранее рецензировали предложенные стандарты — значит, все-таки какое-то движение есть. В этих стандартах по водоотведению указывается как обязательное мероприятие пропуск воды через систему фитоочистки, поскольку так вода действительно доочищается. И при этом очистное сооружение представляет собой как бы природный объект. Это тоже должно быть в городе. Потому что город должен включать в себя такие вещи, по-другому невозможно.

— А чем отличается роль эколога в России и за рубежом?

— За рубежом намного лучше понимают, что надо решать и экологические вопросы. И на это должны тратиться деньги. И они тратятся. Я думаю, что опережение в понимании экологии составляет 20–30 лет, не меньше. Людям, имеющим право принимать решения на уровне городского правительства, почему-то важно, чтобы мы не отставали от заграничных ни в чем. И на это тратятся деньги. Но надо признать: что-то изменяется, становится лучше.

— Какой еще вклад может внести специалист-эколог в проект развития территории?

— Один пример я уже привел, очистка поверхностных стоков — совершенно обязательная вещь для любого населенного пункта. Это фундаментальная вещь, без нее никак нельзя. Она столь же важна, как очистка хозяйственно-бытовых стоков. Но там очистка происходит совсем другими методами.

Поверхностные воды имеют значение и с точки зрения организации пространства для отдыха — все без исключения водоемы, даже водные объекты в городской среде. Тут экологический подход состоит в том, что к проектированию, к вопросу, как это лучше обустроить, вместе с архитекторами должны привлекаться и экологи. Простой пример. Можно все водные объекты, все ручьи и речки поместить в железобетонные трубы, и мы создадим потоки мертвой воды. Это и было сделано в Москве в 1960-е годы. Зато колоссальное получаем преимущество, да? Трубу зарыли, а над трубой можно что угодно строить: железные дороги, дома. А сейчас это тем более процветает, когда очень мало сдерживающих факторов. И здесь решение вопроса в том, что все водотоки должны быть с открытым руслом. Водоток сам по себе — водный объект, это доминанта любого ландшафта, архитекторы это понимают. И вот как раз привлекаются экологи, которые создают эту доминанту в ландшафте, это одно из экологических направлений. А ведь ландшафт может быть разный, он может быть природоподобный. Например, у нас совершенно нет представления, что болото является водным объектом и частью ландшафта, у нас это объект, который нужно немедленно засыпать и уничтожить. Подобная позиция у градостроителей была по долинам малых рек. Береговые откосы использовали как место для мусора, приезжали самосвалы и туда его сваливали. Конечно, никто туда не ходил, все было

заброшено и где-то внизу тек какой-то грязный-прегрязный заросший ручей. А ведь это самые красивые места в ландшафте. И сейчас их начинают расчищать, началось это движение, объявляют заповедными эти зоны, за ними следят, выделяют на это деньги. На реке Сетунь, если говорить о Москве, и других реках.

— В какой мере, к примеру, девелоперы осознают необходимость вовлечения экологов в процесс планирования территорий?

— Как только появляется водный объект, который видно из окна, квартира будет стоить дороже. И у девелоперов есть уже понимание, что выберет тот, кто придет сюда жить: красивые, но каменные бетонные дорожки или что-то в зелени и с водой. Уже появились люди, готовые платить за это. Только так, через увеличение стоимости девелоперы это понимают. Среди них нет экологов и не может быть в принципе.

— Роль экологов будет возрастать или снижаться?

— Я думаю, что будет все-таки возрастать, потому что осознание необходимости экологической компоненты в жизни людей и развитии общества уже необратимо. Еще со времен Римского клуба. Потому что люди, которые занимались самыми разными вещами, в том числе промышленностью, вдруг осознали, что человечество губит себя. Они провозгласили много-много лет назад, что смертельно продолжать развиваться тем же путем. Просто смерть, будет все уничтожено. Их работы переведены, они широко известны. Благодаря им начали проводиться экологические конгрессы, благодаря им решили, что нужно бороться с потеплением и собирать на это деньги. Это было необходимо, и богатые страны могли тратить на это очень большие деньги. Были не просто призывы, были действия, и очень много работ проводилось в попытках очистить города, населенные пункты, территории, которые были загрязнены отходами, свалками, испарениями или чем-то еще, были непригодны для жизни и нуждались в реабилитации. Это отдельное направление в экологии, очень важное, полезное и очень дорогое. Испортить ничего не стоит, а восстановить — огромные деньги.

Поэтому я думаю, что экологическое направление сохранится. Другой вопрос, в каком темпе, в каких масштабах оно будет реализовываться? Например, у нас в Москве до сих пор не решен вопрос со свалками. Потому что это страшно выгодно — возить мусор! А ведь денег в Москве предостаточно! У кого может быть еще больше?! И благодаря огромным площадям, которые занимают свалки бытовых отходов, проблема еще не ощущается горожанами. Это проблема экологическая, проблема острая, ее надо решать.

Или, например, мы сейчас участвуем с компанией «Новая земля» в одном парковом проекте, они как архитекторы, а мы как экологи. При обустройстве парка учитываются все аспекты, в том числе закрепление оврага, одновременно с очисткой ливневого стока, который до сих пор сбрасывается в этот парк. Вот пример того, что архитекторы — не экологи, а архитекторы — очень хорошо понимают, что объект должен отвечать экологическим требованиям.

В соответствии с резолюцией, принятой ООН в 2012 г., устойчивое развитие городов предполагает интеграцию социальных, экономических и экологических знаний. Однако в отечественной урбанистической практике вопросам качества окружающей среды с точки зрения экологии уделяется недостаточное внимание. Во многом это связано с тем, что экология города — молодая дисциплина, зародившаяся в 70-е годы XX в.

На данный момент существует крайне мало литературных источников, освещающих прикладные аспекты экологических знаний для создания здорового и комфортного городского пространства. Стремясь привлечь общественное внимание к актуальности интеграции экологических знаний в урбанистическую практику, мы пришли к идее данного выпуска.

В номере на примере Москвы освещаются экологические аспекты: загрязнение окружающей среды автотранспортом, микробиологическое состояние воздуха в общественном транспорте, эмиссия парниковых газов городскими почвами и грунтами, качество воды Москвы-реки. Авторы статей попытались «перебросить мостик» от результатов экологических исследований к практическим рекомендациям, которые можно использовать в градостроительной деятельности. Мы также публикуем в настоящем номере статью иностранных коллег об опыте устойчивого планирования городского пространства в Австрии, учитывающем экологические принципы.

Будем рады вашим отзывам и пожеланиям. Надеемся, что данный выпуск будет полезен в образовательных целях и откроет серию новых номеров об интеграции урбанистики и экологии города для создания устойчивых, безопасных и комфортных городских пространств.

Редактор-составитель номера О.В. Николаева

OLGA NIKOLAEVA

REVIEW: ROAD TRANSPORT**AS THE KEY SOURCE OF ENVIRONMENTAL POLLUTION IN CITIES,
AND THE ASSOCIATED HUMAN HEALTH RISKS**

Olga V. Nikolaeva, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Educational-Experimental Soil-Ecological Center, Lomonosov Moscow State University; Chashnikovo, Solnechnogorsk Region, 141592, Russian Federation, tel.: +7 (926) 588-33-98

E-mail: olgamsu@yandex.ru

Abstract

Road transport is a necessary attribute of urban environment. Fuel vehicles emit a great variety of pollutants, transform the environment and pose human health risks. This problem is highly recognized in the EU and US, while it is out of sufficient attention in other countries.

This review article highlights road traffic as the key source of environmental pollution in cities and the associated adverse effects on human health. This problem is reviewed in details and possible solutions related traffic management, fuel quality increase and roadside territories design are described.

Takeaway for practice: This article is written for educational purposes to direct the attention of academia, government and businesses to road traffic as the key source of environmental pollution in the urban environment. It is especially useful for urbanists considering the negative effects of motor vehicles for human well-being in sustainable city planning.

Key words: road transport; transport-related contaminants; environmental pollution; adverse health effects; city; urban area

Citation: Nikolaeva O. (2018) Review: Road Transport as the Key Source of Environmental Pollution in Cities, and the Associated Human Health Risks. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 25–35. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201825-35>

Introduction¹

The idea for this article originated in communication with Moscow students of different institutes and specialties. They said that industrial plants and factories were the key source of environmental pollution in the city; road transport was not considered. This stereotype may come from the time when motorization was low. The author aims to break this misunderstanding and highlight road traffic as the key source of urban environmental pollution and adverse effects on human health.

About 55% of the Earth's population is urban and this proportion is expected to grow to 70% by 2050 [United Nations, 2014]. Due to strong demand for mobility in cities, urbanization is accompanied by an increase of the number of vehicles. In 2014, there were 1.2 billion vehicles on the road and 2 billion are expected by 2035 [Green Car Report, 2014].

Numerous studies worldwide conducted at the end of the 20th century revealed the extent of environmental pollution and associated adverse health effects caused by traffic. The close proximity of people and transport in urban areas is a cause for concern. Vehicles exhausts being originated at the near ground level strongly affect the pedestrians.

¹ The author thanks Igor Nikolaev for the considering this article and his precious comments; Alice Nikolaeva for the general support; and Sophia Lisovitskaya for Fig. 1 creation.

Road transport is responsible for 57–75% of total emissions in urban areas [WHO, 2005] and it was recognized as the key source of environmental pollution. The contribution of traffic in total emissions in million-inhabitant cities is estimated to be significantly higher. For example, 80% of all emissions to the atmosphere in Moscow relate to auto transport and only a minor part goes to industry. The hot-spots of transport-related exposure in cities are roads and roadside territories.

Transport-related Contaminants

Road traffic releases a wide spectrum of contaminants harmful for the environment and human health: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), heavy metals (HM), petroleum hydrocarbons (PH), nitrogen oxides (NO_x), carbon oxides (CO and CO_2), volatile organic compounds (VOCs) and ozone (O_3). Pollutants are emitted into the environment in the processes of fuel combustion; loss of lubricating oil, fuel, coolants and car cleaning products; corrosion of vehicles and the road itself. The application of deicing salts (DS) on roads also contributes environmental pollution. A brief description of the pollutants is given below.

PAH are hazardous environmental pollutants of recognized carcinogenic, mutagenic, and teratogenic effect [Grimmer, 1983]. Due to their low solubility and high hydrophobicity, PAH have low degradation rates and accumulate in soils for many years [Lu et al., 2007]. The key source of PAH related to traffic is the incomplete combustion of fossil fuels. Additional emissions of PAH occur as a result of the abrasion of rubber tires, road surfaces, and brake linings [Takada et al., 1991]. 16 individual PAHs are currently of top priority for environmental monitoring in the US and EU [USEPA, 2014], while only 1 is monitored in Russia.

HM cause blood, neurological, respiratory, and cancer disease [Laumbach, Kipen, 2012]. These contaminants cannot be degraded by microorganisms and are highly persistent in the urban environment. They are mainly released from the corrosion of radiators and brakes (Cu), tire dust (Zn), and fuel combustion (Pb) [Van Boemen, Van de Laak, 2003].

One of the most toxic HM is Pb. It was actively applied worldwide as a fuel additive to prevent uncontrolled fuel combustion. The recognition of its harmful effects led to the ban of its use. Leaded fuel was forbidden in the last decades of

20th century in US and EU, and in 2003 it was banned in Russia (Federal Law of the Russian Federation № 34 [2003]). Being very resistant in the environment Pb may be present in soils for hundreds of years. In 2016, we revealed a significant increase of the permissible levels of mobile Pb in Moscow roadside soils [Nikolaeva et al., 2017]. This is a significant risk to people in the vicinity of roads as wind flows can disperse soil particles in the air which people can inhale. Pb can affect the nervous, cardiovascular, immune and reproductive systems. Children under five and pregnant women are especially sensitive to this exposure. Pb is known to have negative neurological effects, cause brain damage and decrease children's intellectual development; it causes problems in fetal development, premature birth and even stillbirth; Pb exposure in adults is attributed mainly to cardiovascular system damage. The ways of exposure are the inhalation of polluted air or incidental swallowing of dust particles from contaminated food-stuffs.

PH are the main components of automobile fuels. They reflect the general technogenic load on soils [Gennadiev et al., 2015].

The application of **DS** also contributes to environmental pollution, causing plant tissue necrosis [Gałuszka et al., 2011]. The high solubility of DS in water minimizes ecological risk by means of their washing out of the soil.

NO_x : The most dangerous and active gas within nitrogen oxides group is NO_2 . It is emitted into the atmosphere directly from the burning of car fuel. 80% of the NO_2 originating in cities comes from motor vehicle exhausts [Australian Government, 2005]. Irritating airways in the human respiratory system, this gas reduces resistance to respiratory diseases, particularly asthma. Such effects as coughing, wheezing or difficulty breathing often appear [USEPA, 2018]. Pedestrians walking near roads, and drivers, have the highest risk of NO_2 exposure although its concentration decreases significantly with distance. The environmental effect of NO_2 relates to its role as the precursor for acid rains, smog and ozone formation.

CO is one of the most toxic air pollutants. 60% of the annual global emissions of CO into the atmosphere originate from vehicle exhausts due to incomplete combustion of fuels [WHO, 2000]. CO affects humans by binding onto hem proteins in the blood, reducing its oxygen-carrying capacity and causing tissue hypoxia. According to WHO, the organs and tissues suffering the

most are the brain, the cardiovascular system, exercising skeletal muscle, as well as developing fetuses. Patients with cardiovascular disease are expected to be particularly sensitive to CO. Exposure to this gas can cause headaches, and high levels of CO may lead to dizziness, nausea, vomiting, coma and death. In conditions of heavy traffic drivers may be under the risk of reduced coordination. The most dangerous road locations are within tunnels where the ventilation is poor. On open roads CO concentrations rapidly decrease from road to rooftop. Within 100m of the road its concentration may reach background levels. Higher CO concentrations are found on the downwind side of street canyons. Among air pollutants of very high concentrations, carbon monoxide causes a large number of accidental deaths.

CO₂ is the major greenhouse gas on the Earth. Urban road traffic is a significant source of world CO₂ emissions, contributing 10% of all European CO₂ emissions. CO₂ emission by vehicles is an obvious result of fuel combustion. Despite the CO₂ level along roads being higher than further away locations, its concentration in the air does not usually exceed permissible levels due to the ventilation effect.

Traffic related **VOCs** are represented by alkanes, alkenes and aromatic hydrocarbons. VOCs may affect the human nervous and sensory systems, cause damage to organs and lead to allergies. These compounds do not have acute toxic effects but their effect appears with long-term exposure. One of the most harmful VOCs is benzene, known to be carcinogenic. Benzene is a marker of transport-related air pollution in general [WHO, 2005]. VOCs are of high environmental interest as they promote ozone and smog formation, participating in photochemical reactions in atmosphere [US EPA, 2014].

O₃ is not primary pollutant emitted by vehicles. It originates in the air when CO, NO_x, VOCs reacts with ultraviolet radiation. It is recognized as a region-wide air pollutant due to easy transport over long distances. High concentrations of ground level O₃ promote respiratory diseases.

Road traffic is also a key source of **noise pollution** in cities and is studied together with air, water and soil pollution. Numerous studies have shown that in addition to hearing loss, noise exposure leads to changes in the heart rate, blood pressure and the release of stress hormones that affect the metabolism. The probability of strokes, diabetes mellitus and diseases of the nervous system increases [Babisch, 2002; Enda,

Owen, 2018]. At least one million disabilities per year occur in Europe because of the increased noise impact on people [WHO, 2011].

Thus, motor transport leads to the multiple contamination of the environment and is associated with a complex of adverse health effects which may be of synergetic character. Environmental contamination is associated with biodiversity loss, lower rates of growth and development, and the destabilization of ecosystems.

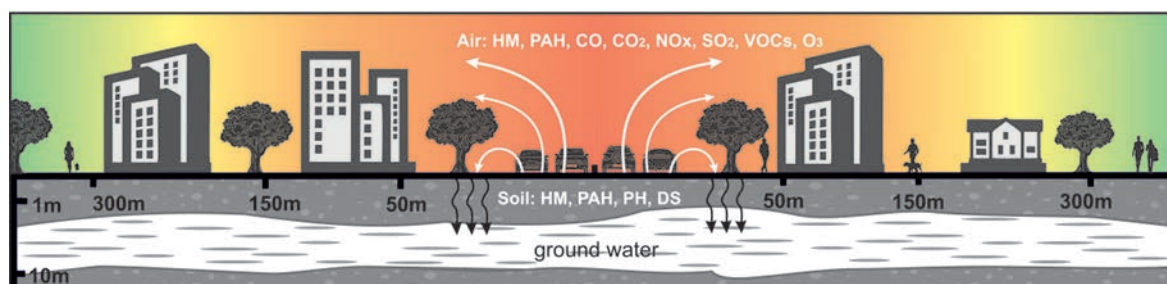
Pathways and Distribution Patterns of Traffic-related Pollutants Released into the Environment

Contaminants may be transported through the environment bound to dust particles, in the form of aerosols or in a gaseous state. Particulate or dissolved pollutants are transferred into the environment via aerial transport or the infiltration of road runoff and spray waters [Werkenthin et al., 2014]. World health and environmental organizations pay a great deal of attention to particles with a diameter of less than 10 micrometers (PM₁₀) and less than 2.5 micrometers (PM_{2.5}) as these particles can easily be inhaled. The finest fractions of dust particles are especially important for monitoring as they cannot be sedimented due to air fluctuations near roads and their concentrations are growing. In periods of dry weather, PM concentrations in the air may reach critical values and are reduced only with rain.

The distribution patterns of pollutants in the environment depend on a complex of factors: climatic conditions, landscape, vegetation type, road configuration, type of road surface, traffic intensity, vehicle types, driving style. The development of models to predict the release and distribution of transport-related contaminants in the environment is the most complicated for the urban environment as building-related characteristics strongly affect the contaminants spread specific.

According to average estimations, traffic-related contaminants concentrations in the air are generally most intense in the 0–300 m zone either side of major roads with 4 lanes of intense traffic [US EPA, 2014]. This area is reported as the risk zone for human well-being. Prior to soil pollution the contaminated area is usually within 0–50 m zone from the road as the gas components do not affect soils significantly. The major soil pollutants are HM, PAH, PH, and DS (Fig. 1).

Living, working and studying close to major roads promotes respiratory diseases, allergies



The concept © Olga Nikolaeva; design and realization © Sophia Lisovitskaya

Fig. 1. Pathways of transport-related pollutants release to the environment: red – high, yellow – medium, green – background levels of environmental pollution

and asthma, cardiovascular diseases and is associated with an increase in cancer rates and premature death [Vette et al., 2013; Raaschou-Nielsen et al., 2012]. According to Chen et al. [2017], a higher incidence of dementia was reported for people living within 1–300 m of roadside zones. Despite air pollution, negative health effects are related to road noise causing damage to the nervous and cardiovascular systems and promoting chronic disease. The American Lung Association [2018] report about 30–45% of the urban population in North America are affected by road pollution. These values for large cities are expected to be higher.

The highest risk of transport-related contaminant exposure is to drivers, children, the elderly and people in poor health. Creating public zones along major roads should be avoided. Kindergartens, playgrounds, schools located within 300 m of the roadside can seriously harm children's health (Fig. 2).



Photo © Olga Nikolaeva

Fig. 2. Example of playground associated with high risk to children's health

Thus, road transport contaminates the environment at the system level affecting air, soil and water systems through direct pollution or via contaminants infiltrating ground waters. Pollution levels in the vicinity of roads are significantly higher compared to other urban areas creating high human exposure risk.

Solutions for Mitigation of Transport-related Pollutants

The recognition of traffic-related negative effects to human health in the US and EU has been raised in academic research, government decisions and activities on finding methods to reduce this exposure.

Regulation of Vehicle Emissions

The continuous implementation of more environmentally friendly fuels and engine technologies contributes to the improvement of the ecological situation in cities. Each new standard (Euro #) requires lower emissions. At the moment Euro 6 is in use (Table 1) in Europe, and Euro 5 in Russia. Russia implemented Euro 5 in 2016.

Table 1 shows the evolution of fuels lowers the pollutant emissions rates. The implementation of new standards and the related increase in fuel quality reduced contaminant emissions from 1980 until 2004 tenfold [WHO, 2005]. One of the challenges for the future is to continue decreasing PM emissions.

Traffic management

Speed regulation. Depending on the driving pattern, the volume and content of vehicle exhaust differs. Maximal Emissions rates are char-

Table 1. European Union standards for passenger cars [DieselNet, 2018]

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					#/km
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1 [†]	1992.07	2.72 (3.16)	—	0.97 (1.13)	—	—	—
Euro 2	1996.01	2.2	—	0.5	—	—	—
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	—	0.15	—	—
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	—	0.08	—	—
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^d	—	0.06	0.005 ^{e, f}	—
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^d	—	0.06	0.005 ^{e, f}	6.0×10 ¹¹ e, g
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1 [†]	1992.07	2.72 (3.16)	—	0.97 (1.13)	—	0.14 (0.18)	—
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	—	0.7	—	0.08	сфк—
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	—	0.9	—	0.10	—
Euro 3	2000.01	0.64	—	0.56	0.50	0.05	—
Euro 4	2005.01	0.50	—	0.30	0.25	0.025	—
Euro 5a	2009.09 ^b	0.50	—	0.23	0.18	0.005 ^f	—
Euro 5b	2011.09 ^c	0.50	—	0.23	0.18	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	—	0.17	0.08	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹

* At the Euro 1.4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N₁ vehicles.

† Values in brackets are the conformity of production (COP) limits.

^a Until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits).

^b 2011.01 for all models.

^c 2013.01 for all models.

^d And NMHC = 0.068 g/km.

^e Applicable only to vehicles using DI engines.

^f 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure.

^g 6.0×10¹² 1/km within first three years from Euro 6 effective dates.

acterized for the lowest and the highest mean vehicle speeds. Moderate speed is the most environment friendly approach. The elimination of traffic jams which cause the dirtiest stop-start driving and regulating maximum speeds will help to improve ecological situation.

Banning trucks in urban areas. The heavier the vehicle, the more exhaust it emits and diesel cars produce more contaminants than petrol ones. Minimizing trucks in urban areas may be a good solution. Roads for heavy vehicle flows ideally should go out of towns.

Regulating of the age of vehicles. The older the vehicle, the more pollutants it produces. Age-related vehicle taxes may be a good measure in this case.

Travelling distance optimization. Creating a smart road network in the city may decrease average travelling distances and emissions of contaminants.

Alternative transport use. One alternative is the electric car. The key advantage of electric vehicles is significantly lower contaminants and noise pollution. Due to the absence of exhaust, electric vehicles produce only non-exhaust PM emissions: HM are attributed to the corrosion of car bodies, and PAH are related to abrasion of tires and road surface. The emission level reduction in this case is about 70% compared to regular transport. The main challenges for this development are increases in battery efficiency and the creation of charging infrastructure.



Photos © Olga Nikolaeva, Igor Nikolaev

Fig. 3. Types of roadside barriers left to right:
vegetation barriers, solid barriers, solid-
vegetation barriers

Another option is hybrid electric transport. Its advantage compared to the electric car is the production of electricity aboard the vehicle. There is a combination of internal combustion engine and electric motor with the battery. This vehicle requires lower fuel and may emit 50% lower contaminants compared to regular fuel transport. Hybrid electric transport is of high use in Japan.

The bicycle is the cheapest and the most ecologically friendly option. The challenge for the big cities is the creation of safe routes for cyclists.

There are different outlooks on the future of transport, but the most likely perspective for the coming 20–30 years according to WHO [2005] is the predominance of conventional petrol and diesel engines.

Reduction in vehicle numbers. A reduction in the number of vehicles is an actual trend in the developed countries. The recognition of traffic emissions has led to the priority of public transport and a decrease of personal transport use. For example, WHO [2005] reported that the implementation of separate bus lanes in Paris improved traffic circulation and decreased transport-related emissions by 2–10% for nitrogen oxides, carbon monoxide and PM10. Higher taxes for private cars, paid parking, city centers without cars can make a city more comfortable for pedestrians and cyclists.

There is a large potential decrease of transport-related pollution. A complex of different measures in urban environments may be an effective instrument for the improvement the quality of urban life.

Roadside barriers

A recognized “right now” method to reduce the negative effect of traffic to people living near busy roads is the creation of roadside barriers. For effective urban planning solutions, the proper design of barriers should be considered. Figure 3 shows key types of roadside barriers: vegetation barriers; solid barriers; and combinations of solid and vegetation barriers.

Green barriers. The implementation of vegetation barriers along roads is regular practice to support ecological and human comfort. Plants filter out airborne particles using their foliage and absorb different gases, mainly CO and CO₂. In addition to air cleaning, plants provide many other benefits to the urban environment [Forman, 2014]. They regulate the microclimate by

cooling, shading and increasing air humidity. At the city level trees help to reduce the urban heat island. Plants provide stormwater runoff reduction due to water absorption by root systems and this prevents its drainage into the sewer system. They prevent erosion by fixing soils with root systems. Plants also increase biodiversity as they act as a habitat and source of food for other organisms.

Lin et al. [2016] showed that vegetation barriers 4–8 m in height and 2–6 m thick consisting of trees with foliage may reduce ultrafine particles (UFP) and CO concentration by 37.7–63.6% and 23.6–56.1% behind the barriers on the downwind side of the road. During winter periods when foliage is reduced, a significant change in UFP and CO was not observed.

Surprisingly, the wrong configuration of street barriers may deteriorate the air quality behind them. It is especially applicable for street canyons – roads with attached buildings on both sides of the road.

Abhijith et al. [2017] show that most street-canyons research revealed an *increase* of pollutant concentration for roadside areas with trees compared to those without trees. The reason for the negative effects of trees is the reduction of wind velocity in the street canyon, resulting in pollutant accumulation within the canyon. Such parameters as meteorological conditions (especially wind direction), the ratio of the height of buildings along roads to road width, specifics of the urban landscape and characteristics of the vegetation barriers significantly affect the pollutant removal process.

The general optimal variant, hedges (approximately 2 m in height) or separately standing trees are recommended for street canyons (Fig. 4).

Other options are green roofs and green walls. Studies related to these are not numerous but in general the research agrees that there is a reduction of pollutants in the roadside air compared to other vegetation forms which affect mainly the improvement of climatic conditions near roads. Due to higher costs their application is quite difficult. For areas with limited space for tree planting green roofs and green walls could be a promising option for the mitigation of air pollutants.

Solid barriers (noise barriers). Solid barriers are structures of tall flat panels installed along roads to mitigate transport noise and pollutants (Fig. 3). PM reduction behind the barriers occurs by means of the dispersion process – the deflection and deceleration of air flows coming from the road.



Photo © Igor Nikolaev

Fig. 4. Example of vegetation barriers in street canyon – Route de Chancy (Geneve, Switzerland)

Studying an Interstate highway of 125,000 vehicles per day (I-440) in Raleigh, North Carolina, Baldauf et al. [2008] reported that solid noise barriers 6 m in height placed 5 m from the road edge provide a 50% reduction of PM and a 15% reduction of CO.

The disadvantage of solid barriers compared to tree barriers is a possible increase of pollutant concentration on the road. This happens due to the blocking of the deposition process which may be realized only by plant foliage.

Combinations of green and solid barriers.

The presence of mature trees in addition to solid barriers leads to further decreases of PM. Many researches highlight vegetation-solid barrier combinations as another viable option to vegetation barriers [Tong et al., 2016].

Barriers along roads are a useful solution for transport-related contaminants. To achieve maximal efficiency of roadside air cleaning, barriers should be designed taking into account local characteristics.

Conclusions

1. Road transport creates a spectrum of contaminants affecting the environment and causing adverse health effects. Most vehicle emissions are in cities which makes the road traffic there a key source of environmental pollution.
2. Areas within 0–300 m from 4 lane roads are the zones of the highest human health risk.
3. Different solutions exist to decrease the negative effects of road transport on people

and the environment: the reduction of vehicle emissions via improvements in fuel and the development of vehicle technologies; traffic management decisions to decrease the number of vehicles; the regulation of driving patterns; ecologically friendly road and roadside territory design.

4. To speed up the improvement of the ecological situation in cities the influence of traffic on the environment and human health should be recognized and familiar to citizens. A comprehensive system of ecological education from kindergarten to university should be organized.

References

- Abhijith K.V. et al. (2017) Air Pollution Abatement Performances of Green Infrastructure in Open Road and Built-up Street Canyon Environments – A Review. *Atmospheric Environment*, vol. 162, pp. 71–86.
- American Lung Association (2018) Living Near Highways and Air Pollution. Available at: <http://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/outdoor/air-pollution/highways.html> (accessed 16 September 2018).
- Australian Government (2005) Nitrogen Dioxide (NO₂). Air Quality Fact Sheet. Department of the Environment and Energy. Available at: <http://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-nitrogen-dioxide-no2> (accessed 16.09.2018).
- Babisch W. (2002) The Noise/Stress Concept: Risk Assessment and Research Needs. *Noise Health*, vol. 4, no 16, pp. 1–11.
- Baldauf R. et al. (2008) Impacts of Noise Barriers on Near-road Air Quality. *Atmospheric Environment*, vol. 42, no 32, pp. 7502–7507.
- Chen H. et al. (2017) Living Near Major Roads and the Incidence of Dementia, Parkinson's Disease, and Multiple Sclerosis: A Population-based Cohort Study. *The Lancet*, vol. 389, no 10070, pp. 718–726.
- DieselNet. Emission standards. EU: Cars and Light Trucks. Available at: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php> (accessed 16 September 2018).
- Enda M., Owen D. (2018) Population Exposure to Road Traffic Noise: Experimental Results from Varying Exposure Estimation Approaches. *Transportation Research. Part D*, vol. 58, pp. 70–79.
- Federal Law of the Russian Federation N 34-FZ (2003) On Restriction of Turnover of Leaded Gasoline in the Russian Federation. Moscow.
- Forman R.T.T. (2014) Urban Ecology. Science of Cities. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gałuszka A. et al. (2011) The Influence of Chloride Deicers on Mineral Nutrition and the Health Status of Roadside Trees in the City of Kielce, Poland. *Environ Monit Assess*, vol. 176, pp. 451–464.
- Gennadiev A. et al. (2015) Hydrocarbons in soils: Origin, Composition, and Behavior (review). *Eurasian Soil Science*, vol. 48, pp. 1195–1209.
- Green Car Report (2014) 1.2 Billion Vehicles On World's Roads Now, 2 Billion By 2035: Report. Available at: https://www.greencarreports.com/news/1093560_1-2-billion-vehicles-on-worlds-roads-now-2-billion-by-2035-report (accessed 16 September 2018).
- Grimmer G. (1983) Environmental Carcinogens: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. CRC Press, Boca Raton.
- Laumbach R., Kipen H. (2012) Respiratory Health Effects of Air Pollution: Update on Biomass Smoke and Traffic Pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 129, pp. 3–11.
- Lin M.Y. et al. (2016) The Effects of Vegetation Barriers on Near-road Ultrafine Particle Number and Carbon Monoxide Concentrations. *The Science of the Total Environment*, vol. 553, pp. 372–379.
- Lu Y. et al. (2007) Chemical Fractionation of Heavy Metals in Urban Soils of Guangzhou, China. *Environ Monit Assess*, vol. 134, pp. 429–439.
- Nikolaeva O., Rozanova M., Karpukhin M. (2017) Distribution of Traffic-related Contaminants in Roadside Soils Across a Highway in Moscow. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 17, no 4, pp. 1045–1053.
- Raaschou-Nielsen O. et al. (2012) Traffic Air Pollution and Mortality from Cardiovascular Disease and All Causes: a Danish Cohort Study. *Environmental Health*, vol. 11, p. 60. Available at: <http://doi.org/10.1186/1476-069X-11-60> (accessed 16 September 2018).
- Takada H. et al. (1991) Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Street Dust from Tokyo Metropolitan Area. *Science Total Environ*, vol. 107, pp. 45–69.
- Tong Z. et al. (2016) Roadside Vegetation Barrier Designs to Mitigate Near-road Air Pollution Impacts. *The Science of the Total Environment*, vol. 541, pp. 920–927.
- United Nations (2014) Population Division. 2014 Revision of the World Urbanization Prospects. Available at: <http://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html> (accessed 16 September 2018).
- US EPA (2014) Near Roadway Air Pollution and Health: Frequently Asked Questions. Office of Transportation and Air Quality EPA-420-F-14-044. Available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100NFFD.PDF?Dockey=P100NFFD.PDF> (accessed 16 September 2018).

- US EPA (United States Environmental Protection Agency). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. Basic Information about NO₂. Available at: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2> (accessed 16.09.2018).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). (2014) Priority Pollutant List. Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf> (accessed 16.09.2018).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). (2014) Report on the Environment. Available at: https://cfpub.epa.gov/roe/indicator_pdf.cfm?i=23 (accessed 16 September 2018).
- Van Bohemen H.D., Van De Laak W.H.J. (2003) The Influence of Road Infrastructure and Traffic on Soil, Water, and Air Quality. *Environ Manag.*, vol. 31, pp. 50–68.
- Vette A. et al. (2013) Community Action Against Asthma Steering Committee. The Near-Road Exposures and Effects of Urban Air Pollutants Study (NEXUS): Study Design and Methods. *The Science of the Total Environment*, vol. 448, pp. 38–47.
- Werkenthin M., Kluge B., Wessolek G. (2014) Metals in European Roadside Soils and Soil Solution — A Review. *Environ Pollut*, vol. 189, pp. 98–110.
- WHO (World Health Organization). (2006) Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide. Global Update 2005, 2006. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=3DA5BB2E5F04D9CC87A18204056DEBF7?sequence=1 (accessed 16 September 2018).
- WHO (World Health Organization). (2011) Burden of Disease from Environmental Noise: The WHO European Centre for Environment and Health. Bonn Office. Available at: http://www.euro.who.int/__dataassets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf (accessed 16 September 2018).
- WHO (World Health Organization). (2000) Chapter 5.5. Carbon Monoxide. Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123059/AQG2ndEd_5_5carbonmonoxide.PDF (accessed 16 September 2018).
- WHO (World Health Organization). (2005) Health-effects of Transport-related Air Pollution / M. Krzyzanowski, B. Kuna-Dibbert, J. Schneider (eds). Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/74715/E86650.pdf (accessed 16.09.2018).

О.В. НИКОЛАЕВА

АВТОТРАНСПОРТ КАК КЛЮЧЕВОЙ ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В ГОРОДАХ И РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

Николаева Ольга Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 141592, Солнечногорский район, п. Чашниково, тел. +7 (926) 588-33-98

E-mail: olgamsu@yandex.ru

Сложно переоценить роль автотранспорта в жизни современного человека. Однако именно автотранспорт является ключевым источником загрязнения окружающей среды в городах, на его долю приходится 57–75% суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [WHO, 2005]. К сожалению, в России этой проблеме уделяется недостаточно внимания.

В данной обзорной статье рассматриваются механизмы образования загрязняющих веществ и особенности их распространения, обсуждаются риски для здоровья людей и представлены возможные решения для их минимизации.

Практическая польза: Автор ставит целью привлечь внимание представителей научных и образовательных учреждений, правительства и бизнеса к этой проблеме. Данный обзор поможет урбанистам учесть негативные эффекты влияния автотранспорта на качество жизни людей при планировании городской среды.

Ключевые слова: автотранспорт; загрязнение окружающей среды; риски для здоровья; город; урбоэкосистема

Цитирование: Nikolaeva O. (2018) Review: Road Transport as the Key Source of Environmental Pollution in Cities, and the Associated Human Health Risks. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 25–35. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201825-35>

Источники

- Abhijith K.V. et al. (2017) Air Pollution Abatement Performances of Green Infrastructure in Open Road and Built-up Street Canyon Environments – A Review // *Atmospheric Environment*. Vol. 162. P. 71–86.
- American Lung Association (2018) Living Near Highways and Air Pollution. Режим доступа: <http://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/outdoor/air-pollution/highways.html> (дата обращения: 16.09.2018).
- Australian Government (2005) Nitrogen Dioxide (NO₂). Air Quality Fact Sheet. Department of the Environment and Energy. Режим доступа: <http://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-nitrogen-dioxide-no2> (дата обращения: 16.09.2018).

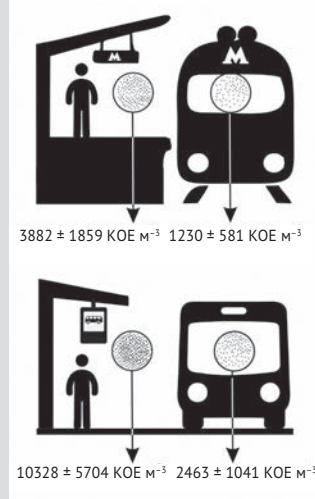
- Babisch W. (2002) The Noise/Stress Concept: Risk Assessment and Research Needs // *Noise Health*. Vol. 4. No. 16. P. 1–11.
- Baldauf R. et al. (2008) Impacts of Noise Barriers on Near-road Air Quality // *Atmospheric Environment*. Vol. 42. No. 32. P. 7502–7507.
- Chen H. et al. (2017) Living Near Major Roads and the Incidence of Dementia, Parkinson's disease, and Multiple Sclerosis: A Population-based Cohort Study // *The Lancet*. Vol. 389. No. 10070. P. 718–726.
- DieselNet. Emission Standards. EU: Cars and Light Trucks. Режим доступа: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php> (дата обращения: 16.09.2018).
- Enda M., Owen D. (2018) Population Exposure to Road Traffic Noise: Experimental Results from Varying Exposure Estimation Approaches // *Transportation Research. Part D*. Vol. 58. P. 70–79.
- Federal Law of the Russian Federation N 34-FZ (2003) On Restriction of Turnover of Leaded Gasoline in the Russian Federation. Moscow.
- Forman R.T.T. (2014) *Urban Ecology. Science of Cities*. Cambridge University Press.
- Gatuszka A. et al. (2011) The Influence of Chloride Deicers on Mineral Nutrition and the Health Status of Roadside Trees in the City of Kielce, Poland // *Environ Monit Assess*. Vol. 176. P. 451–464.
- Gennadiev A. et al. (2015) Hydrocarbons in soils: origin, composition, and behavior (review) // *Eurasian Soil Science*. Vol. 48. P. 1195–1209.
- Green Car Report (2014) 1.2 Billion Vehicles On World's Roads Now, 2 Billion By 2035: Report. Режим доступа: https://www.greencarreports.com/news/1093560_1-2-billion-vehicles-on-worlds-roads-now-2-billion-by-2035-report (дата обращения: 16.09.2018).
- Grimmer G. (1983) *Environmental Carcinogens: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. CRC Press, Boca Raton.
- Laumbach R., Kipen H. (2012) Respiratory Health Effects of Air Pollution: Update on Biomass Smoke and

- Traffic Pollution // *J Allergy Clin Immunol*. Vol. 129. P. 3–11.
- Lin M.Y. et al. (2016) The Effects of Vegetation Barriers on Near-road Ultrafine Particle Number and Carbon Monoxide Concentrations // *The Science of the Total Environment*. Vol. 553. P. 372–379.
- Lu Y. et al. (2007) Chemical Fractionation of Heavy Metals in Urban Soils of Guangzhou, China // *Environ Monit Assess*. Vol. 134. P. 429–439.
- Nikolaeva O., Rozanova M., Karpukhin M. (2017) Distribution of Traffic-related Contaminants in Roadside Soils Across a Highway in Moscow // *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 17. No. 4. P. 1045–1053.
- Raaschou-Nielsen O. et al. (2012) Traffic Air Pollution and Mortality from Cardiovascular Disease and All Causes: A Danish Cohort Study // *Environmental Health*. Vol. 11. P. 60. Режим доступа: <http://doi.org/10.1186/1476-069X-11-60> (дата обращения: 16.09.2018).
- Takada H. et al. (1991) Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Street Dust from Tokyo Metropolitan Area // *Science Total Environ*. Vol. 107. P. 45–69.
- Tong Z. et al. (2016) Roadside Vegetation Barrier Designs to Mitigate Near-road Air Pollution Impacts // *The Science of the Total Environment*. Vol. 541. P. 920–927.
- United Nations (2014) Population Division. 2014 revision of the World Urbanization Prospects, 2014. Режим доступа: <http://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html> (дата обращения: 16.09.2018).
- US EPA (2014) Near Roadway Air Pollution and Health: Frequently Asked Questions. Office of Transportation and Air Quality EPA-420-F-14-044. Режим доступа: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100NFFD.PDF?Dockey=P100NFFD.PDF> (дата обращения: 16.09.2018).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. Basic Information about NO₂. Режим доступа: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2> (дата обращения: 16.09.2018).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). Priority pollutant list. (2014) Режим доступа: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf> (дата обращения: 16.09.2018).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2014) Report on the Environment. Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/roe/indicator_pdf.cfm?i=23 (дата обращения: 16.09.2018).
- Van Bohemen H.D., Van De Laak W.H.J. (2003) The Influence of Road Infrastructure and Traffic on Soil, Water, and Air Quality // *Environ Manag*. Vol. 31. P. 50–68.
- Vette A. et al. (2013) Community Action Against Asthma Steering Committee. The Near-Road Exposures and Effects of Urban Air Pollutants Study (NEXUS): Study design and methods // *The Science of the Total Environment*. Vol. 448. P. 38–47.
- Werkenthin M., Kluge B., Wessolek G. (2014) Metals in European Roadside Soils and Soil Solution – A Review // *Environ Pollut*. Vol. 189. P. 98–110.
- WHO (World Health Organization). (2006) Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide. Global Update 2005, 2006. Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=3DA5BB2E5F04D9CC87A18204056DEBF7?sequence=10 (дата обращения: 16.09.2018).
- WHO (World Health Organization). (2011) Burden of Disease from Environmental Noise: The WHO European Centre for Environment and Health. Bonn Office. Режим доступа: http://www.euro.who.int/_dataassets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf (дата обращения: 16.09.2018).
- WHO (World Health Organization). (2000) Chapter 5.5. Carbon Monoxide. Режим доступа: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0020/123059/AQG2ndEd_5_5carbonmonoxide.PDF (дата обращения: 16.09.2018).
- WHO (World Health Organization). (2005) Health-effects of Transport-related Air Pollution / M. Krzyzanowski, B. Kuna-Dibbert, J. Schneider (eds). Режим доступа: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/74715/E86650.pdf (дата обращения: 16.09.2018).

В.В. ТИХОНОВ, О.В. НИКОЛАЕВА, П.А. ПИЛЬГУН

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОЗДУХЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА МОСКВЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Микробиологическое состояние воздуха
в общественном транспорте города Москвы



Концепция рисунка
© Ольга Николаева
Дизайн и реализация
© Софья Лисовицкая

Тихонов Владимир Владимирович, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел. +7 (495) 939-48-14

E-mail: vvt1985@gmail.com

Николаева Ольга Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел. +7 (926) 588-33-98

E-mail: olgamsu@yandex.ru

Пильгун Полина Анатольевна, студентка факультета прикладной экономики и коммерции МГИМО; Российская Федерация, 119454, Москва, просп. Вернадского, д. 76.

E-mail: polynap@mail.ru

Цель исследования — оценить содержание микроорганизмов в воздушной среде общественного транспорта Москвы в зимний период и выявить факторы, влияющие на их количественный и групповой состав. Работа осуществлялась седиментационным методом, основанным на осаждении взвешенных в воздухе частиц на агаризованные питательные среды. Выделяли следующие группы микроорганизмов: 1) сапротрофные бактерии; 2) условно-патогенные бактерии; 3) мицелиальные грибы. Исследования проводились на четырех линиях метрополитена и четырех автобусных маршрутах с отбором проб в вагонах поездов, автобусах, на платформах метрополитена и автобусных остановках. Количество микроорганизмов в воздухе автобусов (2463 ± 1041 КОЕ м⁻³) в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро (1230 ± 581 КОЕ м⁻³). Воздух на остановках (10328 ± 5704 КОЕ м⁻³) и платформах (3882 ± 1859 КОЕ м⁻³) содержал большее количество микроорганизмов. В групповом составе микроорганизмов в транспорте доминировали сапротрофные бактерии, значительно меньшее количество

составили условно-патогенные и наименьшее — споры грибов. В соответствии с «Санитарными правилами эксплуатации метрополитенов» Российской Федерации общее количество микроорганизмов в воздухе вагонов, на платформах и внутри автотранспорта находилось в пределах нормы. Значительное превышение данного норматива установлено для воздушной среды на остановках автотранспорта, для которых пока нет стандарта.

В соответствии с нормативами ЕС определены следующие уровни загрязнения на основе численности бактерий/грибов: средний/низкий — внутри автобусов и вагонов метро, высокий/низкий — на платформах метрополитена, высокий/высокий — на автобусных остановках. Показано, что доминирующим фактором, определяющим численность микроорганизмов в транспорте, является количество микроорганизмов в воздухе окружающей среды. Существенных взаимосвязей с температурой воздуха, длительностью маршрута и количеством людей в транспорте не обнаружено.

Практическая польза: Статья актуальна для специалистов в области урбанистики, так как отражает существующие связи между особенностями организации городского пространства и количеством микроорганизмов в воздухе. Снижению уровня пыли и микробиологического загрязнения городского воздуха будут способствовать закрепление открытых почв и грунтов травянистым покровом и озеленение города, грамотное создание газонов с защитой от несанкционированной парковки транспортных средств и их вытаптывания людьми, минимизация неэффективной инженерной деятельности в городе.

Ключевые слова: санитарно-микробиологический контроль воздуха; бактерии; споры грибов; общественный транспорт; метро; автобусы; пыль

Цитирование: Тихонов В.В., Николаева О.В., Пильгун П.А. (2018) Оценка численности микроорганизмов в воздухе общественного транспорта Москвы в зимний период // Городские исследования и практики. Т. 3. № 3. С. 36–47.
DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201836-47>

Введение¹

Качество воздуха в городской среде является важным фактором, влияющим на здоровье населения. В воздушном пространстве городов представлено большое разнообразие загрязняющих веществ. Однако если проблема химического загрязнения воздуха достаточно хорошо изучена, то вопросам его микробиологического состояния уделяется значительно меньше внимания [Ху, НАО, 2017]. В основном исследуется воздушная среда помещений, а воздух общественного транспорта изучен недостаточно [Кича и др., 2009; Николаева, 2013; Leung, 2015].

Общественный транспорт играет важную роль в жизни современного человека, обеспечивая его мобильность. Пассажиропоток в системе общественного транспорта Москвы характеризуется крайне высокой плотностью. В среднем за сутки метрополитеном пользуется 8,5 млн человек, наземным транспортом — 6,5 млн человек [Официальный сайт Мэра Москвы]. В условиях высокой концентрации людей санитарно-микробиологическое качество воздуха в общественном транспорте, характеризуемое количеством микроорганизмов в кубическом метре воздушной среды, является фактором риска для здоровья населения. Численность микроорганизмов в воздушной среде транспортных средств влияет на вероятность возникновения различных заболеваний, преимущественно респираторных и аллергических [Douwes et al., 2003; Man et al., 2017]. Источниками микроорганизмов в воздухе выступают городская пыль и аэрозоли, ассоциированные с жизнедеятельностью человека [Fujiiyoshi et al., 2017]. Основной вклад в образование городской пыли вносят мелкодисперсные частицы почв и грунтов [Bowers et al., 2011].

В настоящее время постоянный контроль биологического загрязнения воздуха ведется в лечебных [ГОСТ Р 52539-2006; СанПиН 2.1.3.2630-10], производственных помещениях [МУК 4.2.734—99; ГН 2.1.6.3537-18] и метрополитене [СП 2.5.1337-03]. В воздухе метрополитена нормируется общее содержание микроорганизмов (бактерии и споры грибов), численность которых должна составлять не более 1500 и 2500 КОЕ м⁻³ (колониеобразующих единиц) для летнего и зимнего периода соответственно. Воздух улиц и других помещений, в том числе воздух общественного транспорта, в Российской Федерации не нормируется.

В международной научной литературе большое внимание уделяется изучению содержания спор грибов в воздухе. В обзоре [Rao et al., 2012] собраны основные нормативы и стандарты по содержанию данных агентов в атмосфере, норме соответствует диапазон численности спор 50–1000 КОЕ м⁻³. Ведущими микологами России [Микология сегодня, 2005; Марфенина, Фомичева, 2007; Богомолова и др., 2012] предложен пороговый норматив для содержания спор грибов в воздухе городов и квартир не более 500 КОЕ м⁻³.

Несмотря на рост исследований микробиологического состояния воздуха в транспорте крупных городов мира [Марфенина, Фомичева, 2007; Bogomolova, Kirtsideli, 2009; Robertson et al., 2013; Ху, НАО, 2017], в России данный вопрос только начинает изучаться. Существуют единичные публикации, посвященные анализу численности и видового состава микроскопических грибов в воздушной среде метро Москвы [Иванова и др., 2012] и Санкт-Петербурга [Bogomolova, Kirtsideli, 2009], а вопрос бактериального состояния воздуха практически не исследован [Дубровская, 1996].

Цель работы — проанализировать качество воздуха в подземном и наземном общественном транспорте Москвы на основе численности бактерий и микромицетов, выявить факторы дифференциации количественного и группового состава микроорганизмов. В качестве исходной гипотезы было выдвинуто предположение, что количество микроорганизмов в воздухе подземного и наземного транспорта различается, а факторами, влияющими на содержание микроорганизмов, будут количество пассажиров, длительность маршрута, температура воздуха в общественном транспорте, а также содержание микроорганизмов в воздухе окружающей среды — на автобусных остановках и платформах метро.

1 Авторы признательны С.А. Лисовицкой за помощь в создании графической аннотации к статье.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования

Исследования воздушной среды в общественном транспорте проводились в зимний период в течение четырех дней: 18, 19, 21 и 22 декабря 2017 г. Объектами исследования в метро выбраны поезда Арбатско-Покровской, Калужско-Рижской, Серпуховско-Тимирязевской и Таганско-Краснопресненской линий метрополитена. Отбор проб воздуха окружающей среды проводился на платформах станций «Славянский бульвар», «Бабушкинская», «Тульская», «Волгоградский проспект». В части наземного транспорта исследования проводились в автобусах, следующих по маршрутам «М2» (Фили — Рижский вокзал), «М10» (Лобненская ул. — метро «Китай город»), «688» (Озерная ул. — Крылатское), «137» (Братцево — метро «Речной вокзал»). Отбор проб воздуха окружающей среды осуществлялся на автобусных остановках рядом с метро «Парк Победы» и «Лубянка».

Температура воздуха на улице составляла от 0 до +3 °С, в автобусах и поездах метрополитена от +13 до +18 °С. Скорость ветра на улице не превышала 2 м/с.

Схема отбора проб

Каждый день изучались одна линия метро и один автобусный маршрут (воздух внутри транспорта), одна платформа метро и одна автобусная остановка (воздух окружающей среды). Отбор проб воздуха осуществлялся ежедневно в утреннее, дневное и вечернее время в вагонах метро и автобусах. Пробы воздуха на платформах и остановках метро («фон») отбирали дважды в день, утром и вечером. Для отбора проб в транспорте устанавливался контейнер с тремя чашками Петри с питательными средами для последующей культивации в лаборатории. Итого в сутки отбиралось 9 проб в вагонах метро, 9 проб в автобусах, 6 проб на платформах метро и 6 проб на автобусных остановках. Из-за погодных условий (снегопад) в течение двух дней отобрать пробы на автобусных остановках не представлялось возможным. Общий объем отобранных проб составил 108.

Отбор воздуха осуществлялся на высоте 100 см от пола в транспорте и на высоте 100 см от поверхности земли на остановках и платформах. В транспорте контейнер с чашками Петри устанавливался на пассажирском кресле, а на автобусных остановках и платформах метро он фиксировался на высоте 100 см. Точки отбора проб — центральная часть автобусов и вагонов метро, центральная часть остановок автобусов и платформ метро.

Отбор каждой серии проб осуществлялся в течение 30 минут. Параллельно с отбором проб воздуха контролировались следующие параметры: температура воздуха, количество людей в автобусе, количество остановок за 30 мин (длина пути). Ежедневно собранные за день пробы устанавливались в термостаты на 1,5–7 сут для последующей культивации и подсчета микроорганизмов. Повторность в каждой точке — 3. Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel 2016.

Методы исследования

Определение содержания микроорганизмов в воздухе осуществлялось седиментационным методом, основанным на принципе осаждения взвешенных в воздухе частиц на микробиологические питательные среды [Napoli et al., 2012, Pasquarella et al., 2000]. Количественный и качественный (групповой) состав микроорганизмов воздуха определяли путем подсчета колониеобразующих единиц на агаризованных средах. В работе выделяли три группы микроорганизмов: 1) сапротрофные бактерии, растущие при 25 °С (Б25), — многочисленный класс мезофильных бактерий, основными источниками которых являются почвы и грунты; 2) сапротрофные бактерии, растущие при 37 °С (Б37), — с некоторым допущением их можно отнести к группе потенциально патогенных бактерий; 3) мицелиальные грибы, представленные в воздухе в виде спор (СГ). Споры грибов могут оказывать сенсibiliзирующее действие на иммунитет человека, вызывая, в частности, аллергические реакции.

Учет Б25 и Б37 проводили на ГПД-агаре следующего состава: глюкоза — 5 г/л, пептон — 10 г/л, дрожжевой экстракт — 5 г/л, агар — 15 г/л. Учет СГ осуществляли на грибном агаре

с низким значением pH (Хаймедия, Индия) следующего состава: папаиновый перевар соевой муки — 10 г/л, декстроза — 10 г/л, агар — 15 г/л.

После отбора проб воздуха на питательные среды закрытые чашки Петри инкубировались в течение 1,5–7 сут в термостатах при 18, 25 или 37 °С в зависимости от группы выделяемых микроорганизмов:

- 1) Б25 — инкубация при 25 °С в течение 2–5 сут;
- 2) Б37 — инкубация при 37 °С в течение 1,5 сут;
- 3) СГ — инкубация при 18 °С в течение 5–7 сут.

Пересчет результатов с КОЕ, выросших в чашке Петри, на КОЕ, содержащихся в кубическом метре воздуха, осуществляли, используя формулы Омелянского [Омелянский, 1940; Bogomolova, Kirtsideli, 2009]:

$$N = (5a \times 10^4)/b \times t,$$

где N — число КОЕ м⁻³; a — число КОЕ, выросших на чашке Петри; b — площадь поверхности чашки Петри, участвовавшей в седиментации (см²); t — время экспозиции в минутах.

Для оценки уровня загрязнения воздуха в общественном транспорте использовали два норматива: по общему содержанию микроорганизмов в воздухе (грибные споры и бактерии) — СП 2.5.1337-03 («норматив 1»), отдельное содержание бактерий и грибов — международные рекомендации по оценке содержания микроорганизмов в воздухе помещений [СЕС, 1993] («норматив 2», табл. 1).

Таблица 1. Категории загрязнения воздуха в зависимости от содержания микроорганизмов в воздухе помещений

Группа микроорганизмов	Содержание в воздухе домов, КОЕ м ⁻³	Категория загрязнения воздуха
Бактерии	<100	Очень низкая
	100–500	Низкая
	500–2500	Средняя
	2500–10000	Высокая
	>10000	Очень высокая
Грибы	<50	Очень низкая
	50–200	Низкая
	200–1000	Средняя
	1000–10000	Высокая
	>10000	Очень высокая

Источник: [Comission of the European Communities (СЕС), 1993].

Результаты

Содержание микроорганизмов в воздушной среде наземного и подземного транспорта значительно отличалось друг от друга ($p < 0,05$). Количество микроорганизмов в воздухе автобусов в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро (рис. 1). Воздух окружающей (наружной) среды автобусов и вагонов метро характеризовался значительно более высоким содержанием микроорганизмов по сравнению с воздушной средой внутри транспортных средств.

В групповом составе микроорганизмов воздушной среды транспортных средств доминируют Б25, составляя более 50% микробиоты, значительно меньшее количество приходится на Б37, наименьшую численность составляют СГ (рис. 2). Большее количество микроорганизмов в автобусах по сравнению с вагонами метро обусловлено группой Б25, в то время как количество Б37 и СГ однородно в обоих видах транспорта.

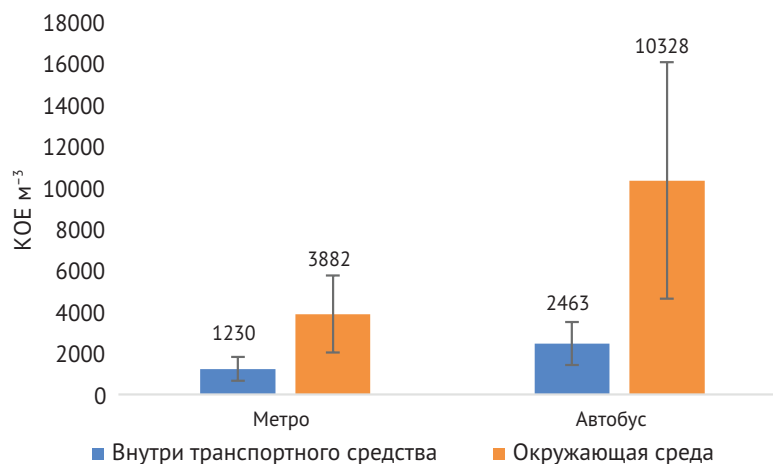


Рис. 1. Содержание микроорганизмов (Б25 + СГ) в воздухе транспортных средств и окружающей среды

Источник: оригинальные данные, полученные авторами.

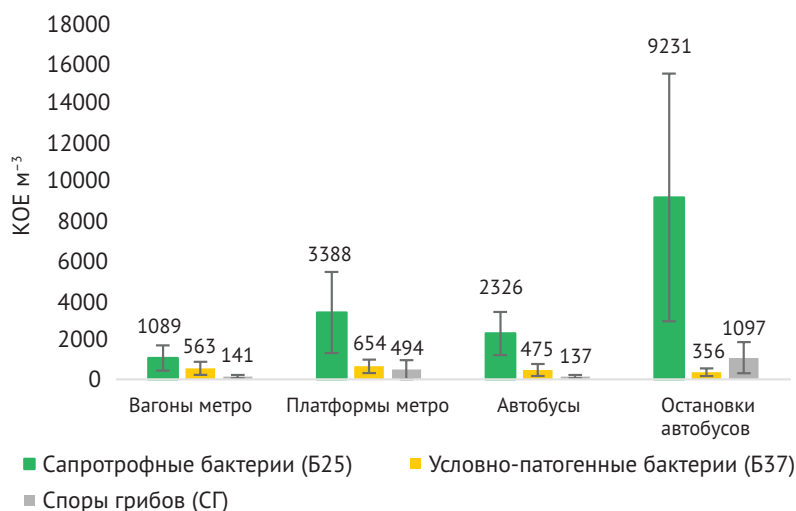


Рис. 2. Групповой состав микроорганизмов в воздухе транспортных средств и окружающей среды

Источник: оригинальные данные, полученные авторами.

Основываясь на отечественном нормативе для воздуха метрополитена («норматив 1»), по результатам суммарного содержания бактерий и спор грибов (Б25 + СГ) можно констатировать соответствие качества воздуха норме внутри вагонов метро и на платформах метрополитена, а также для автобусов. При этом численность микроорганизмов на автобусных остановках значительно превышает данный норматив — в 4 раза. Важно отметить, что официального норматива для воздуха окружающей среды открытых городских пространств, в частности, автобусных остановок, не существует. В соответствии с нормативом ЕС для воздуха домов («норматив 2») (табл. 1) воздушная среда внутри вагонов метро и автобусов может характеризоваться средним уровнем загрязнения по содержанию бактерий и низким уровнем — по содержанию спор грибов; воздух на платформах метрополитена характеризуется высоким уровнем загрязнения по содержанию бактерий и низким — по содержанию спор грибов; воздух на автобусных остановках характеризуется высоким уровнем загрязнения как по содержанию бактерий, так и по количеству спор грибов.

В групповом составе микроорганизмов в воздухе окружающей среды аналогично воздуху транспорта доминируют Б25, составляя более 50% численности микроорганизмов. Более вы-

сокие значения содержания микроорганизмов на платформах метро и автобусных остановках по сравнению с транспортом обусловлены пропорциональным ростом доли Б25 и СГ, в то время как количество Б37 значимо не растет и даже отмечается их некоторое снижение в воздухе на автобусных остановках.

Корреляционный анализ не выявил связей между содержанием микроорганизмов в воздухе транспортных средств и изученными факторами: температурой воздуха, количеством пассажиров в транспорте и длиной маршрута, в то время как установлена высокая корреляция численности микроорганизмов в транспорте с их содержанием в окружающей среде (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляций между содержанием микроорганизмов в воздухе транспортных средств и анализируемыми факторами

	Тип микроорганизмов	Температура воздуха	Количество людей	Количество остановок (длина маршрута)	Содержание микроорганизмов во внешней среде транспорта
Поезда метрополитена	Б25	0,10	0,29	0,31	0,94
	Б37	-0,40	0,23	0,53	0,93
	СГ	0,12	0,52	-0,34	0,93
Автобусы	Б25	0,25	0,03	0,01	0,68
	Б37	0,31	0,63	0,38	0,95
	СГ	0,55	0,15	0,13	0,46

Примечание. Выделены коэффициенты корреляции > 0,50.

Источник: оригинальные данные, полученные авторами.

Обсуждение результатов

Высокие значения коэффициентов корреляции между количеством микроорганизмов в воздухе транспорта и концентрацией в окружающей среде (автобусные остановки для автобусов и платформы метрополитена для поездов метро) позволяют рассматривать микробиологическое состояние окружающей среды в городе как главный фактор, определяющий численность микробиоты в транспорте. При этом автотранспорт выполняет своеобразную «экранирующую» роль, так как численность микроорганизмов в нем в несколько раз ниже, чем в воздухе окружающей среды. С точки зрения микробиологического загрязнения воздуха при поездке на автобусе человек сталкивается с меньшим количеством микроорганизмов, чем при пешем способе передвижения вдоль дороги в условиях городской среды в зимний период.

Похожие закономерности повышенного содержания микроорганизмов в воздухе окружающей среды по сравнению с воздухом внутри жилых помещений описаны на примере изучения концентрации грибов в городской среде [Garrett et al., 1997; Li et al., 2006].

Известно, что максимальное количество микроорганизмов среди объектов окружающей среды находится в почвенной среде [Звягинцев, 1987]. Высокие значения содержания микробиоты в воздухе городской среды Москвы мы связываем с пылением почв и грунтов, мельчайшие частицы которых могут быть представлены в воздушной среде города во взвешенном состоянии длительное время, так как турбулентные потоки воздуха препятствуют их естественному оседанию [Aluko, Noll, 2006]. Очевидный способ снижения пыления почв и грунтов — их закрепление корневыми системами растений, поэтому создание газонов в городе наряду с посадкой древесной и кустарниковой растительности, фиксирующей пылеватые частицы листьями, имеет важное экологическое значение [Janhall, 2015; Spirn, 1986]. Строительные работы, замена бордюров и асфальта в городе, вытаптывание травяного покрова, постановка машин на газоны не могут не отражаться на микробиологическом состоянии воздуха.

В указанный период, согласно дневнику погоды [Дневник погоды г. Москвы], были высокая относительная влажность воздуха (73–98%), а небольшие понижения температуры могли способствовать образованию капель и увеличивать количество выпадаемых частиц на чашку Петри. Можно было бы предположить, что данный факт вносил значительный вклад в коли-

чество микроорганизмов на остановках, однако практически одинаковое содержание Б37 на остановках и внутри транспорта говорит о низкой вероятности данного явления.

Меньшее количество микробиоты в воздухе на платформах метро по сравнению с автобусными остановками мы связываем с особенностями забора воздуха, поступающего в метрополитен. Воздух поступает не только с наиболее загрязненных территорий вдоль дорог, но и с более чистых участков, удаленных от дорожного полотна. Наличие регулярной влажной уборки также снижает концентрацию осевшей пыли и ее повторный переход во взвешенное в воздухе состояние.

Повышенное содержание микроорганизмов в воздухе на автобусных остановках вполне логично вследствие максимальной концентрации пыли из-за естественного пыления почв и грунтов, вызванного ветром, а также пыления, обусловленного движением автотранспорта.

Некоторое уменьшение Б37 на автобусных остановках по сравнению с платформами метро может быть связано как с меньшим количеством людей на единицу площади, так и с эффектом рассеивания данной микрофлоры ветром. Ранее была показана обратная корреляция между содержанием патогенной микрофлоры и скоростью воздуха в городской среде [Liu et al., 2018].

Полученные в работе значения содержания микробиоты на платформах метрополитена хорошо соотносятся с данными других исследователей для системы метро Лондона, Мехико [Xu, Hao, 2017], Санкт-Петербурга [Bogomolova, Kirtsideli, 2009] и характеризуются значительно более низкими величинами по сравнению с метро Пекина (Китай). Схожие данные по микрофлоре Б37 получены для автобусов Бангкока [Luksamijarulkul et al., 2004].

Выводы

Количество микроорганизмов в воздухе автобусов (2463 ± 1041 КОЕ м⁻³) в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро (1230 ± 581 КОЕ м⁻³). Воздух на автобусных остановках (10328 ± 5704 КОЕ м⁻³) и платформах метрополитена (3882 ± 1859 КОЕ м⁻³) характеризовался значительно более высоким содержанием микроорганизмов по сравнению с воздушной средой внутри транспортных средств.

Групповой состав микроорганизмов воздуха общественного транспорта и окружающей среды характеризуется абсолютным доминированием микроорганизмов группы Б25, составляющих 60–80% от суммарной численности изученной микробиоты. Увеличение содержания микроорганизмов в автобусах по сравнению с вагонами метро обусловлено Б25, в то время как численность Б37 и СГ примерно одинакова в обоих видах транспорта.

В соответствии с «Санитарными правилами эксплуатации метрополитенов» общее количество микроорганизмов в воздухе вагонов и на платформах метро, а также внутри автотранспорта находилось в пределах нормы. Значительное превышение данного норматива установлено в воздушной среде на остановках автотранспорта, для которых пока не существует стандарта. В соответствии с нормативами ЕС были определены следующие ориентировочные уровни загрязнения воздуха на основе дифференцированной численности бактерий и грибов: средний/низкий — внутри автобусов и вагонов метро, высокий/низкий — на платформах метрополитена; высокий/высокий — на автобусных остановках.

Показано, что доминирующим фактором, влияющим на численность микроорганизмов в транспорте, является количество микроорганизмов в воздухе окружающей среды. Существенных корреляций между температурой воздуха, длительностью маршрута и количеством людей в транспорте не обнаружено.

Реализация исследования позволила получить новые сведения о количественном и групповом составе микроорганизмов в воздухе автобусов и поездов метрополитена Москвы. Полученные результаты могут быть полезными при проведении мониторинговых работ, разработке нормативов санитарно-микробиологического состояния воздуха и реализации мероприятий по снижению микробиологического загрязнения воздуха в общественном транспорте.

Заключение

Важным аспектом данного исследования является привлечение внимания к вопросу микробиологического загрязнения воздуха в городской среде. Как было показано, качество воздуха в общественном транспорте, а также внутри помещений в городе является прямым следстви-

ем состояния окружающей среды. Микробиологическое загрязнение воздуха вдоль автотрасс и на платформах метрополитена является фактором риска для здоровья населения Москвы, оценка интенсивности которого в условиях высокой плотности людей, интенсивных транспортных потоков и близости жилых зон к автомагистралям очень актуальна. Мы видим продолжение исследований микробиологического состояния воздуха в направлении изучения сезонной динамики численности микробиоты на уровне ее видового состава. Важно подчеркнуть, что в настоящее время санитарно-микробиологический контроль воздуха осуществляется только в помещениях и не ведется в автотранспорте и на открытых пространствах городской среды. Нормативов для оценки качества воздуха вне жилых помещений также не существует, и привлечение внимания к данной проблеме крайне важно.

На данном этапе уже можно говорить о целесообразности применения систем очистки воздуха в транспорте, значимости регулярной влажной уборки, но эти меры носят локальный характер. Для системных решений необходимо следить за состоянием окружающей среды, минимизируя количество пыли в городском воздухе, являющейся ключевым источником микроорганизмов. Улучшению качества воздуха будут способствовать закрепление открытых почв и грунтов травянистым покровом и озеленение города, грамотное планирование и организация газонов с защитой от несанкционированной парковки транспортных средств и их вытаптывания людьми, минимизация неэффективной инженерной деятельности в городе. При создании общественных зон в непосредственной близости от автотрасс особенно важно учитывать экологические аспекты для рациональной организации городского пространства: создание защитных полос из лиственных деревьев, способствующих снижению концентрации пыли в воздухе; организация плотных газонов из растений, устойчивых к высоким концентрациям загрязняющих веществ; планирование территорий вдоль дорог таким образом, чтобы частицы почвогрунтов не выносились плоскостным смывом на поверхность дорожного полотна и не поднимались в воздух транспортным потоком.

Источники

- Богомолова Е.В. и др. (2012) Микроскопические грибы в воздушной среде Санкт-Петербурга / М.А. Бондарцева (ред.). СПб.: Химиздат.
- Звягинцев Д.Г. (1987) Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та.
- Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Данилогорская А.А. (2012) Культивируемые микроскопические грибы в воздухе ряда станций московского метрополитена и местах наружного воздухозабора // Микология и фитопатология. Т. 46. № 1. С. 33–40.
- ГН 2.2.6.3538-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны.
- ГОСТ Р 52539-2006 Чистота воздуха в лечебных учреждениях. Общие требования — действующий.
- Дневник погоды г. Москвы. Режим доступа: <http://www.meteo-tv.ru/> (дата обращения: 13.06.2019).
- Дубровская Т.А. (1996) Гигиенические основы оптимизации воздушной среды станций метрополитена: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.07 «Гигиена» / Т.А. Дубровская. Москва.
- Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. (2007) Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции // Микология сегодня / Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев (ред.). Т. 1. М.: Национальная академия микологии. С. 235–266.
- Микология сегодня (2007) / Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев (ред.). Т. 1. М.: Национальная академия микологии.
- МУК 4.2.734-99. Микробиологический мониторинг производственной среды.
- Николаева Л.А. (2013) Гигиеническая оценка микробного загрязнения воздуха помещений: учеб.-метод. пособие / ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. Иркутск: ИГМУ.
- Кича Д.И., Дрожжина Н.А., Фомина А.В. (2009) Общая гигиена. Руководство к лабораторным занятиям: учеб. пособие. ГЭОТАР-Медиа.
- Омелянский В.Л. (1940) Практическое руководство по микробиологии / Б.Л. Исаченко (общ. ред.). Изд. 2-е, перераб. и доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Официальный сайт Мэра Москвы. Режим доступа: <https://www.mos.ru/news/item/24621073/> (дата обращения: 07.09.2018).
- СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность.

- СП 2.5.1337-03. Санитарные правила эксплуатации метрополитенов.
- Aluko O., Noll K. (2006) Deposition and Suspension of Large, Airborne Particles // *Aerosol Science and Technology*. Vol. 40 (7). P. 503–513.
- Bogomolova E., Kirtsideli I. (2009) Airborne Fungi in Four Stations of the St. Petersburg Underground Railway System // *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 63. P. 156–160.
- Bowers R.M. et al. (2011) Sources of Bacteria in Outdoor Air Across Cities in the Midwestern United States // *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 77. P. 6350–6356.
- Commission of the European Communities (CEC) (1993) Indoor Air Quality and Its impact on Man. Report No. 12. Biological Particles in Indoor Environment. Luxemburg.
- Douwes J. et al. (2003) Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects // *Ann Occup Hyg*. Vol. 47 (3). P. 187–200.
- Fujiyoshi S., Tanaka D. Maruyama F. (2017) Transmission of Airborne Bacteria Across Built Environments and Its Measurement Standards: A Review // *Front Microbiol.* Vol. 8. Article 2336.
- Garrett M.H. et al. (1997) Airborne Fungal Spores in 80 Homes in the Latrobe Valley, Australia: Level, Seasonality and Indoor-outdoor Relationship // *Aerobiologia*. Vol. 13. P. 121–126.
- Janhall S. (2015) Review on Urban Vegetation and Particle Air Pollution – Deposition and Dispersion // *Atmos. Environ.* Vol. 105. P. 130–137.
- Lee T. et al. (2006) Relationship Between Indoor and Outdoor Bioaerosols Collected with a Button Inhalable Aerosol Sampler in Urban Homes // *Indoor Air*. Vol. 16 (1). P. 37–47.
- Leung D.Y.C. (2015) Outdoor-indoor Air Pollution in Urban Environment: Challenges and Opportunity // *Front. Environ. Sci.* Vol. 2. Article 69.
- Liu H. et al. (2018) Effect of Air Pollution on the Total Bacteria and Pathogenic Bacteria in Different Sizes of Particulate Matter // *Environ. Pollut.* Vol. 233. P. 483–493.
- Luksamijarulkul P. et al. (2004) Microbial Air Quality in Mass Transport Buses and Work-related Illness Among Bus Drivers of Bangkok Mass Transit Authority // *J Med Assoc Thai*. Vol. 87 (6). P. 697–703.
- Man W.H., de Steenhuijsen Piers W.A., Bogaert D. (2017) The Microbiota of the Respiratory Tract: Gatekeeper to Respiratory Health // *Nat Rev Microbiol.* Vol. 15 (5). P. 259–270.
- Napoli C., Marcotrigiano V., Montagna M. (2012) Air Sampling Procedures to Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active and Passive Methods in Operating Theatres // *BMC Public Health*. Vol. 12 (594). P. 1–6.
- Pasquarella C., Pitzurra O., Savino A. (2000) The Index of Microbial Air Contamination // *Journal of Hospital Infection*. Vol. 46. P. 241–256.
- Rao C.Y., Burge H.A., Chang J.C.S. (1996) Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air // *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 46. P. 899–908.
- Robertson C.E. et al. (2013) Culture-independent Analysis of Aerosol Microbiology in a Metropolitan Subway System // *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 79. No. 11. P. 3485–3493.
- Spirn A. (1986) Air Quality at Street Level: Strategies for Urban Design. Prepared for: Boston Redevelopment Authority.
- Xu B., Hao J. (2017) Air Quality Inside Subway Metro Indoor Environment Worldwide: A Review // *Environment International*. Vol. 107. P. 33–46.

VLADIMIR TIKHONOV, OLGA NIKOLAEVA, POLINA PILGUN

QUANTITY OF AIRBORNE MICROORGANISMS IN PUBLIC TRANSPORT OF MOSCOW IN WINTER PERIOD

Vladimir V. Tikhonov, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (495) 939 48 14
E-mail: vvt1985@gmail.com

Olga V. Nikolaeva, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (926) 588-33-98
E-mail: olgamsu@yandex.ru

Polina A. Pilgun, Student of School of Applied Economics and Commerce, MGIMO University; 76 Prospect Vernadskogo, Moscow, 119454, Russian Federation.
E-mail: polynap@mail.ru

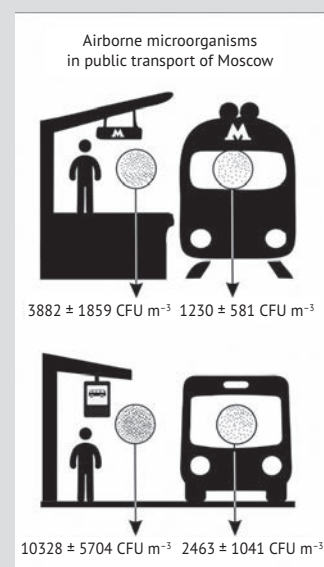
Abstract

This article analyzes airborne microorganisms in Moscow public transport and identifies factors affecting their quantitative and group composition. The sedimentation method based on gravitational settling of air-suspended particles on an agar medium was applied. Microorganisms were distinguished: 1) saprotrophic bacteria (B25); 2) potentially pathogenic bacteria (B37) 3) mycelial fungi (MF). Air sampling was carried out on 4 metro lines and 4 bus routes inside buses and trains and on platforms and bus stops. The number of microorganisms in the air of buses ($2463 \pm 1041 \text{ CFU m}^{-3}$) was twice that in the air of trains ($1230 \pm 581 \text{ CFU m}^{-3}$). The outdoor air at bus stops ($10328 \pm 5704 \text{ CFU m}^{-3}$) and on subway platforms ($3882 \pm 1859 \text{ CFU m}^{-3}$) had a significantly higher content of microorganisms compared to the indoor air. Inside vehicles B25 was found in the largest numbers, there were smaller numbers of B37 and MF had the smallest numbers. The quantity of microorganisms inside transport complied with the Russian subway regulations; but on platforms and at bus stops it was significantly higher. The levels of air pollution based on EU regulations were identified (bacteria/fungi): medium/low – inside; high/low – on platforms; high/high – at bus stops. The dominant factor affecting the number of microorganisms inside transport is the number of microorganisms in the ambient air of the urban environment. Significant correlations with air temperature, the duration of the route and the number of people in the vehicle were not detected.

Takeaway for practice: This article will be useful for specialists in urban studies, as it reflects the connections between the organization of urban spaces and the number of microorganisms in the air. Such measures as open soils and ground fixing with grass cover, the protection of lawns from the unauthorized parking of vehicles and foot traffic, and the minimization of inefficient engineering activities in the city will help reduce the level of dust and the microbiological pollution of urban air.

Key words: microbiological quality of air; airborne bacteria; airborne fungi; public transport; underground railway; bus; urban dust

Citation: Tikhonov V., Nikolaeva O., Pilgun P. (2018) Quantity of Airborne Microorganisms in Public Transport of Moscow in Winter Period. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 36–47 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201836-47>



Graphical abstract

The concept of the picture
© Olga Nikolaeva

Design and realization
© Sophia Lisovitskaya

References

- Aluko O., Noll K. (2006) Deposition and Suspension of Large, Airborne Particles. *Aerosol Science and Technology*, vol. 40 (7), pp. 503–513.
- Bogomolova E., Kirtsideli I. (2009) Airborne Fungi in Four Stations of the St. Petersburg Underground Railway System. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 63, pp. 156–160.
- Bogomolova E.V. et al. (2012) Mikroskopicheskie griby v vozduшной среде Sankt-Peterburga [Microscopic airborne fungi in Saint-Petersburg]. Saint-Petersburg: Himizdat. (in Russian)
- Bowers R.M. et al. (2011) Sources of Bacteria in Outdoor Air Across Cities in the Midwestern United States. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 77, pp. 6350–6356.
- Commission of the European Communities (CEC) (1993) Indoor Air Quality and Its impact on Man. Report No. 12. Biological Particles in Indoor Environment. Luxemburg.
- Dnevnik pogody Moskvy [Moscow Weather Calendar]. Available at: <http://www.meteo-tv.ru/> (accessed 13 September 2019). (in Russian)
- Douwes J. et al. (2003) Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. *Ann Occup Hyg.*, vol. 47 (3), pp. 187–200.
- Dubrovskaya T.A. (1996) Gigienicheskie osnovy optimizatsii vozduшной среды stantsiy metropolitena [Hygienic basis for optimizing the air environment of metro stations]: avtoref. diss. ... kand. med. nauk: spets; 14.00.07 "Gigiena" [abstract. dis. for sci. degree of candidate in med. sciences: 14.00.07 "Hygiene"]. Moskva. (in Russian)
- Fujiyoshi S., Tanaka D. Maruyama F. (2017) Transmission of Airborne Bacteria Across Built Environments and Its Measurement Standards: A Review. *Front Microbiol.*, vol. 8, art. 2336.
- Garrett M.H. et al. (1997) Airborne Fungal Spores in 80 Homes in the Latrobe Valley, Australia: Level, Seasonality and Indoor-outdoor Relationship. *Aerobiologia*, vol. 13, pp. 121–126.
- GN 2.2.6.3538-18 [Russian Federal State Normative]. Predelno dopustimye koncentratsii (PDK) mikroorganizmov-producentov, bakterialnih preparatov i ih komponentov v atmosfernom vozduhe rabochey zony [The maximum allowable concentrations (MPC) of producer microorganisms, bacterial preparations and their components in the ambient air of the work area]. (in Russian)
- GOST R 52539-2006 [State Standard of Russian Federation]. Chistota vozduha v lechebnyh uchrezhdeniyah. Obzhiye trebovaniya – deystvuuyshiy [Air quality in hospitals. General requirements – valid]. (in Russian)
- Ivanova A.E., Marfenina O.E., Danilogorskaya A.A. (2012) Kultiviruemie mikroskopicheskie griby v vozduhe ryada stantsiy moskovskogo metropolitena i mestah naruzhnogo vozduhozabora [Cultivated microfungi in the air of some stations of the Moscow underground system and at the places of air intake]. *Mikologiya i phytopatologiya* [Mycology and phytopatology], vol. 46, no 1, pp. 33–40. (in Russian)
- Janhall S. (2015) Review on Urban Vegetation and Particle Air Pollution – Deposition and Dispersion. *Atmos. Environ.*, vol. 105, pp. 130–137.
- Kicha D.I., Drojjina N.A., Fomina A.V. (2009) Obzhaya gigiena. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam: uchebnoe posobie [Manual for laboratory exercises on general hygiene: tutorial textbook]. GEOETAR-Media. (in Russian)
- Lee T. et al. (2006) Relationship Between Indoor and Outdoor Bioaerosols Collected with a Button Inhalable Aerosol Sampler in Urban Homes. *Indoor Air*, vol. 16 (1), pp. 37–47.
- Leung D.Y.C. (2015) Outdoor-indoor Air Pollution in Urban Environment: Challenges and Opportunity. *Front. Environ. Sci.*, vol. 2, art. 69.
- Liu H. et al. (2018) Effect of Air Pollution on the Total Bacteria and Pathogenic Bacteria in Different Sizes of Particulate Matter. *Environ. Pollut.*, vol. 233, pp. 483–493.
- Luksamijarulkul P. et al. Kaewboonchoo O. (2004) Microbial Air Quality in Mass Transport buses and Work-related Illness Among Bus Drivers of Bangkok Mass Transit Authority. *J Med Assoc Thai.*, vol. 87 (6), pp. 697–703.
- Man W.H., de Steenhuijsen Piers W.A., Bogaert D. (2017) The Microbiota of the Respiratory Tract: Gatekeeper to Respiratory Health. *Nat Rev Microbiol.*, vol. 15 (5), pp. 259–270.
- Marfenina O.E., Fomicheva G.M. (2007) Potentsialno patogennye mitselialnye griby v srede obitaniya cheloveka. Sovremennye tendentsii [Potentially pathogenic mycelial fungi in the human environment. Modern tendencies. Modern tendencies]. *Mikologiya segodnya* [Mycology today] / Yu.T. Dyakov, Yu.V. Sergeev (eds), vol. 1. Moscow. (in Russian)
- Micologiya segodnya (2007) [Mycology today] / Yu.T. Dyakov, Yu.V. Sergeev (eds), vol. 1. Moscow. (in Russian)
- MUK 4.2.734-99 [Methodical instructions on methods of control 4.2.734-99]. Mikrobiologicheskiy monitoring proizvodstvennoy sredy [Microbiological monitoring of the production environment]. (in Russian)

- Napoli C., Marcotrigiano V., Montagna M. (2012) Air Sampling Procedures to Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active and Passive Methods in Operating Theatres. *BMC Public Health*, vol. 12 (594), pp. 1–6.
- Nikolaeva L.A. (2013) Gigienicheskaya otsenka mikrobnogo zagryaznenia vozduha pomezheniy: uchebno-metodicheskoe posobie / GBOU VPO IGMU Minzdrava Rossii [Hygienic assessment of microbial indoor air pollution: methodical manual / Irkutsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation]. Irkutsk: IGMU. (in Russian)
- Omelyanskiy V.L. (1940) *Practicheskoe rukovodstvo po mikrobiologii* [Practical guide on microbiology] / B.L. Isachenko [General editorship of prof. B.L. Isachenko]. Izd. 2-e, pererab. i dop. [2nd edition, revised and supplemented]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR. (in Russian)
- Oficialniy sait mera Moskvi [Official site of the mayor of Moscow]. Available at: <https://www.mos.ru/news/item/24621073/> (accessed 07 September 2018). (in Russian)
- Pasquarella C., Pitzurra O., Savino A. (2000) The Index of Microbial Air Contamination. *Journal of Hospital Infection*, vol. 46, pp. 241–256.
- Rao C.Y., Burge H.A., Chang J.C.S. (1996) Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air. *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 46, pp. 899–908.
- Robertson C.E., Baumgartner L.K., Harris J.K. et al. (2013) Culture-independent Analysis of Aerosol Microbiology in a Metropolitan Subway System. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 79, no 11, pp. 3485–3493.
- SanPiN 2.1.3.2630-10 [Sanitary and Epidemiological Rules and Norms 2.1.3.2630-10]. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k organizatsiam, osuzhestvlyayushim meditsinskuyu deyatel'nost' [Sanitary and epidemiological requirements for organizations engaged in medical activities]. (in Russian)
- SP 2.5.1337-03 Sanitarniye pravila ekspluatatsiy metropolitenov [Sanitary rules for the operation of subways]. (in Russian)
- Spirn A. (1986) Air Quality at Street Level: Strategies for Urban Design. Prepared for: Boston Redevelopment Authority.
- Xu B, Hao J. (2017) Air Quality Inside Subway Metro Indoor Environment Worldwide: A Review. *Environment International*, vol. 107, pp. 33–46.
- Zvyagintsev D.G. (1987) *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and microorganisms]. Moscow: Izd-vo Mosk. Un-ta [MSU publishing]. (in Russian)

С.А. КУЛАЧКОВА, Я.И. ЛЕБЕДЬ-ШАРЛЕВИЧ,
Н.В. МОЖАРОВА, А.М. НИКОЛАЕВА

РОЛЬ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

В РЕГУЛИРОВАНИИ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ

Кулачкова Светлана Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел.: +7 (916) 488-90-77

E-mail: kulachkova_sa@inbox.ru

Лебедь-Шарлевич Яна Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» Минздрава России; Российская Федерация, 119121, Москва, ул. Погодинская, д. 10, стр. 1, тел.: +7 (916) 580-26-43

E-mail: yana.l-sh@mail.ru

Можарова Надежда Васильевна, доктор биологических наук (в прошлом: доцент факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова); Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12.

E-mail: nvm47@list.ru

Николаева Анна Михайловна, исполняющий обязанности младшего научного сотрудника ФГБУ «ИГКЭ» (Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля); Российская Федерация, 107258, Москва, ул. Глебовская, д. 206, тел.: +7 (926) 469-74-80

E-mail: amnik21@yandex.ru

Статья посвящена актуальным вопросам эмиссии парниковых газов в атмосферу в городской среде и выявлению роли почв в регулировании этого процесса. Исследовано три типа потенциально газогенерирующих объектов: территории над погребенными стихийными свалочными телами, участки строительства на засыпанной переувлажненной речной пойме и рекультивированные поля фильтрации сточных вод. На каждом объекте определялись типы доминирующих почв, их физические, химические свойства, способность образовывать и окислять метан, продуцировать углекислый газ. Показано, что более развитые урбисерогумусовые техногенные почвы и урбаноземы техногенные, а также созданные в ходе благоустройства реплантоземы эффективнее утилизируют аллохтонные потоки метана, чем литостраты, органолитостраты и слабо развитые почвы. Эмиссии метана в атмосферу из первой группы почв не наблюдается, но они служат более мощным источником углекислого газа по сравнению с литостратами и органолитостратами. Запечатывание, переуплотнение, засоление, подтопление городских почв снижают их окислительную способность и повышают вероятность эмиссии метана в атмосферу.

В связи с ростом индустриализации города приобретают больший вес в естественном круговороте веществ в природе. Города являются источниками парниковых газов, выделяемых промышленностью, автотранспортом, полигонами ТБО, а также городскими почвами. Вследствие увеличения плотности населения застраивается все больше территорий с неблагоприятными свойствами: переувлажненные поймы рек, засыпанные овраги и балки, погребенные несанкционированные свалки, рекультивированные поля фильтрации. Городские почвы над такими территориями являются источником и стоком метана и углекислого газа. Данное исследование важно для понимания вклада городских почв в выбросы парниковых газов в атмосферу.

Практическая польза: Полученные результаты могут быть задействованы при разработке более рациональных рекомендаций по рекультивации потенциально опасных в газогеохимическом отношении территорий, используемых под строительство.

Ключевые слова: метан; углекислый газ (диоксид углерода); насыпные грунты; биогаз; эмиссия парниковых газов; функционирование городских почв

Цитирование: Кулачкова С.А., Лебедь-Шарлевич Я.И., Можарова Н.В., Николаева А.М. (2018) Роль городских почв в регулировании эмиссии парниковых газов в атмосферу // Городские исследования и практики. Т. 3. № 3. С. 48–68. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201848-68>

Введение

Проблеме увеличения содержания метана и углекислого газа в атмосфере в настоящее время уделяется большое внимание, так как с ними связывают глобальное потепление климата на планете, обусловленное «парниковым эффектом». Известно, что по сравнению с доиндустриальным периодом в настоящее время концентрация углекислого газа в атмосфере выросла на 40% (с 278 до 395 ppm), метана — на 150% (с 0,714 до 1,813 ppm) [*Carbon and other biogeochemical cycles, 2013*]. Среди парниковых газов атмосферы метан и углекислый газ занимают ведущее место, их суммарные выбросы составляют 91% от всех парниковых газов. При этом метана выбрасывается значительно меньше (всего 14% от всех парниковых газов), но он активнее углекислого газа в 25 раз.

Однако существует еще одна важная проблема, которой практически не уделяется внимания в России: это токсикологическая опасность CO_2 . Увеличение концентрации углекислого газа, по некоторым данным, оказывает негативное влияние на здоровье человека. По мнению зарубежных ученых, длительное нахождение человека в среде с содержанием углекислого газа в атмосфере выше 0,08% приводит к развитию широкого спектра заболеваний: от головных болей и учащенного пульса до ацидоза и других изменений в организме [Robertson, 2006]. В связи с этим за рубежом приняты стандарты для помещений — 1000 ppm. Метан считается токсичным только в очень больших концентрациях, но с его накоплением в грунтах связана потенциальная пожаро- и взрывоопасность возводимых на них объектов. Указанные обстоятельства приобретают особую важность в городах, где плотность населения и застройки велика и постоянно приумножается.

Города занимают важное место среди источников парниковых газов. На их долю, по разным оценкам, приходится от 30–40 до 75–80% всех антропогенных выбросов в атмосферу (от предприятий энергетики и промышленности, находящихся в городах, транспорта, жилых и коммерческих зданий, отходов и сточных вод, изменения землепользования) [Satterthwaite, 2008]. Максимальное количество метана попадает в атмосферу городов из полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), очистных сооружений и предприятий газоснабжения. Выделение углекислого газа преимущественно связано с выбросами промышленных, в том числе энергетических предприятий, и автотранспорта. Эмиссия парниковых газов из вышеназванных источников регулярно учитывается в кадастрах антропогенных выбросов [Национальный доклад..., 2006]. В Москве эмиссии парниковых газов в атмосферу в основном связаны с их технологическими выбросами при сжигании топлива на стационарных источниках (73%), транспортом (21%) и промышленностью (около 5%) [Доклад..., 2015]. Активно разрабатываются и принимаются меры по снижению выбросов парниковых газов из перечисленных выше источников путем внедрения энергосберегающих технологий и технологий так называемого зеленого строительства. Но существует антропогенно-природный источник, вклад которого в кадастрах не учтен. Это городские почвы. Почвы выполняют множество экологических функций в городских экосистемах, одна из них — газовая функция, регулирующая состав приземной атмосферы. Они могут выступать как источником (генератором), так и стоком (поглотителем) различных газов [Добровольский, Никитин, 1986]. Это зависит от химических и физических свойств почв.

Рост городов приводит к застройке неблагоприятных территорий: бывших промышленных зон, засыпанных оврагов с несанкционированными свалками, бывших полей фильтрации сточных вод, засыпанных болот и речных пойм с органогенными отложениями. Все эти объекты могут быть опасны в газогеохимическом отношении, что обусловлено возможностью образования биогаза, состоящего в основном из метана и углекислого газа. По нашим данным, городские почвы, сформированные на техногенных отложениях, часто содержащих строительно-бытовые отходы и другие источники органического вещества, могут оказывать значительное влияние на состав атмосферы и должны оцениваться в кадастрах антропогенных выбросов парниковых газов в секторах «отходы» и «землепользование» [Можарова и др., 2018]. В литературе тоже существуют сведения о недооценке роли городских почв в эмиссии парниковых газов, и этот вопрос является актуальным для исследования. С.М. Децина с соавторами [Decina et al., 2016] выявили, что в селитебных зонах Бостона поток углекислого газа в атмосферу от дыхания почв составляет 72% от выброса CO_2 автотранспортом. Почвы газонов 50-летнего возраста в ботаническом саду в Мельбурне иногда могут выступать источниками метана (1–4 мкг $\text{C}/\text{м}^2$ в час), хотя, как правило, в теплый период они осуществляют сток

(поглощение) атмосферного метана [Livesley et al., 2010]. Актуальность настоящего исследования обусловлена недостатком данных, оценивающих городские почвы как источники и стоки парниковых газов.

Цель исследования — выявить роль разных типов городских почв в эмиссии метана и углекислого газа в атмосферу.

Задачи исследования:

1. Установить особенности образования, поглощения и эмиссии метана и углекислого газа в городских почвах на территориях с потенциально возможной газогенерацией:

- а) над погребенными стихийными свалочными телами;
- б) на засыпанных поймах рек с погребенными органогенными отложениями;
- в) на рекультивированных полях фильтрации сточных вод.

2. Выявить общие закономерности в функционировании городских почв исследованных объектов, обуславливающие снижение или увеличение эмиссии парниковых газов в атмосферу.

В работе обобщены материалы за 10-летний период исследований, получены новые для Москвы результаты по образованию, поглощению и эмиссии метана и углекислого газа различными почвами и почвоподобными образованиями.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования выступали городские почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО)¹ на территориях с потенциальным источником газогенерации. Таким источником были техногенно-рекрементогенные отложения (грунты, содержащие строительный и бытовой мусор, различные отходы, бумагу, текстильные материалы и проч.), органогенные природные отложения (торфяные) и остатки илов сточных вод в толще насыпных грунтов, сформированных при строительстве. Соответственно, исследовались три типа участков. Первый тип — это участки над погребенными стихийными свалочными телами на территории правобережья Москвы-реки, которые либо застраивались в момент исследования, либо были застроены много лет назад. В летний период года в сходных погодных условиях исследовано 17 участков (рис. 1) с грунтами разной степени газогеохимической опасности согласно карте стихийных свалочных тел [Экологический атлас Москвы, 2000]. Большая их часть по содержанию компонентов биогаза относилась к потенциально опасным (CH_4 0,1–1%, CO_2 0,5–10%), но также выделялись опасные (CH_4 1–5%, CO_2 0,5–10%) и пожароопасные (CH_4 > 5%, CO_2 > 10%). На каждом участке закладывался один характерный почвенный разрез и 3–7 точек для определения эмиссии газов с поверхности почв и отбора проб почвенного воздуха и образцов техногенных горизонтов с глубины 60 см. Второй тип исследованных участков — это засыпанная территория поймы Москвы-реки (Красногорск, Московская область), застроенная жилыми микрорайонами (98 точек опробования в теплый период года, при среднесуточной температуре воздуха выше +10 °C). Третий тип — это рекультивированные Люберецкие поля фильтрации сточных вод (ныне московский район Некрасовка), на которых также возводятся многоэтажные дома (110 точек опробования в разные сезоны года).

Основным методологическим подходом было изучение статической составляющей почв (определение физических и химических свойств почв) параллельно с их функционированием (образованием, поглощением и выделением метана и углекислого газа). pH определялся в водной почвенной суспензии потенциометрическим методом, содержание органического углерода — методом Тюрина с фотометрическим окончанием [Теория и практика..., 2006]. Eh измерялся в профиле почв мультифункциональным прибором HI 8314 (pH/mV/°C метр, Hanna Instruments, Germany). Содержание метана и углекислого газа определялось с помощью инертного пробоотборника в профиле почв и ТПО (на глубинах 5–10, 30 и 60 см), а также в устье геологических скважин (на некоторых объектах над погребенными стихийными сва-

1 Почвы — это природные естественно-исторические образования, состоящие из серии генетически связанных горизонтов, а ТПО, согласно Классификации и диагностике почв России (2004), — «целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, а также остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного и/или специфического новообразованного субстрата», без генетической связи между горизонтами. Но, согласно закону г. Москвы «О городских почвах» № 31 от 4.06.2007, ТПО также можно относить к почвам города, так как они выполняют экологические функции почв.

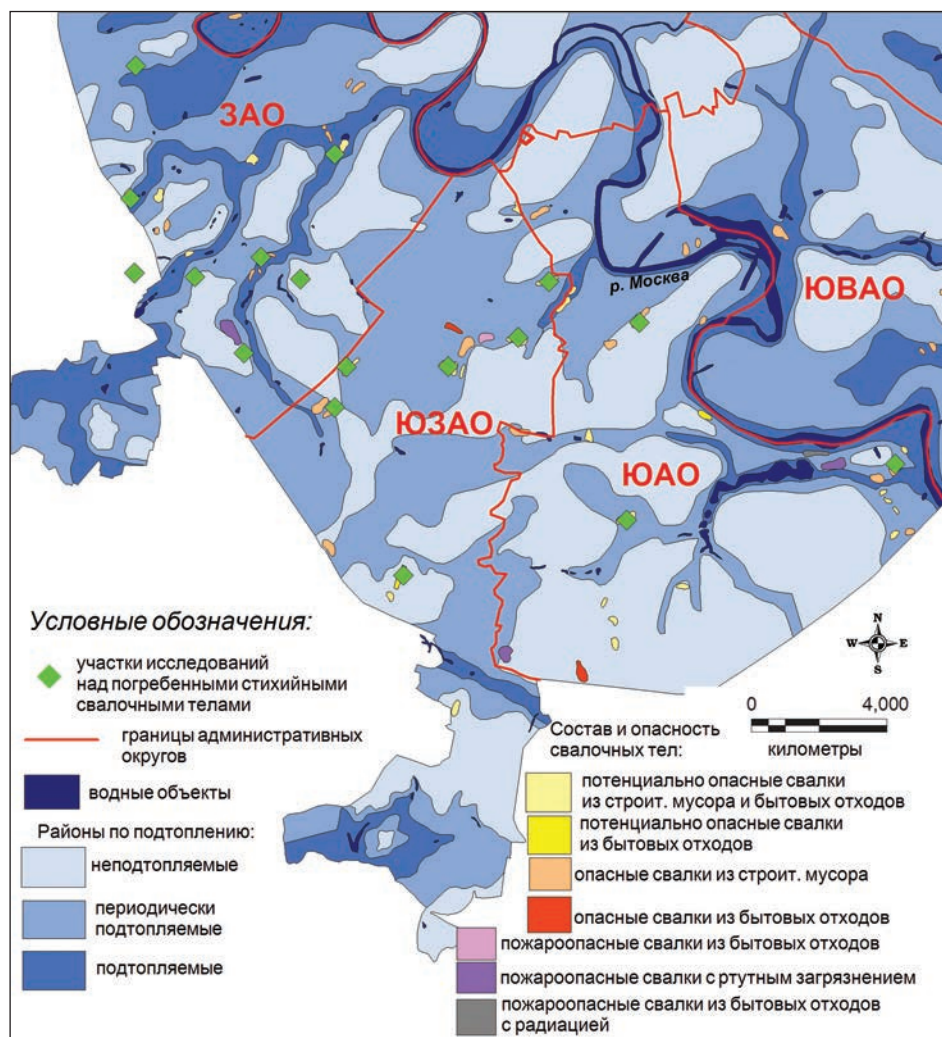


Рис. 1. Картограмма размещения участков исследования над стихийными свалочными телами

Источник: информация взята из «Экологического атласа Москвы» [2000].

лочными телами) с последующим анализом в лаборатории. Эмиссия метана и углекислого газа устанавливалась статическим камерным методом [Полевые и лабораторные методы..., 2001]. Концентрация метана и углекислого газа определялась на газовом хроматографе (модель «Кристаллюкс 4000М») с точностью 0,1 ppm ($10^{-5}\%$). Потенциальные активности бактериального образования и окисления метана почвами установлены кинетическим методом с инкубированием образцов почв в закрытых флаконах по выделению или поглощению метана соответственно [Методы почвенной микробиологии..., 1991]. Статистическая обработка данных проводилась в программах StatSoft Statistica 10.5 и MS Office Excel. В работе использованы крупномасштабные материалы топографического, геологического и гидрогеологического обследования грунтов для части ключевых участков (ООО НПЦ «Экостройгеология»).

Почвы и ТПО районов исследования

В ходе строительства в верхней толще насыпных грунтов, используемых для засыпки котлованов, формируются такие ТПО, как литостраты и органолитостраты (рис. 2). Названия ТПО даны по «Классификации и диагностике почв России» [2004]. Литостраты представляют собой насыпные минеральные грунты (техногенные горизонты ТСН) различного гранулометрического состава (песчаного, суглинистого, глинистого). Они характеризуются высокой плот-

ностью ($1,5-1,8 \text{ г/см}^3$), глыбистой структурой или бесструктурностью, низким содержанием органического углерода (меньше 1%), нейтральной, слабощелочной или щелочной реакцией среды ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 7,0-9,0$). Органолитостраты отличаются от литостратов наличием несортированного органоминерального материала, встречающегося в виде прослоев или формирующего профиль целиком. Содержание органического углерода в исследованных нами органолитостратах варьировало от 1 до 4%.

При благоустройстве территорий после строительства и создании газонов формируются реплантоземы — ТПО с рекультивационным компостно-гумусовым или торфяным горизонтом (RAT), насыпанным на техногенный материал литостратов и органолитостратов. Содержание органического углерода в этих горизонтах составляло 3–8%. С течением времени происходит интенсивная минерализация торфокомпостного материала. ТПО трансформируются в урбисерогумусовые техногенные почвы. Под этим названием нами описаны молодые городские почвы, профиль которых состоит из двух основных горизонтов: урбисерогумусового (AYur) и техногенного (TCH). Урбисерогумусовый — органоминеральный светло-серый гумусированный горизонт мощностью 5–10 см с комковатой структурой, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 6,5-7,7$, содержанием органического углерода 2,0–3,8%, включением кирпича, стекла и других городских артефактов, без признаков слоистости. При более длительном воздействии факторов городского почвообразования формируются урбаноземы техногенные (рис. 2). Подробная характеристика почвенного горизонта урбик (UR) приведена в работе Т.В. Прокофьевой с соавторами [2014]. Урбаноземы характеризуются слоистостью, обусловленной постоянным привнесением различных субстратов на поверхность почв. Исследованные нами урбаноземы маломощные сформированы на техногенных отложениях. Водно-физические свойства урбиковых горизонтов улучшаются по сравнению с техногенными, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 7,2-8,2$, содержание органического углерода меньше, чем в рекультивационных горизонтах, — 1,0–2,8%.

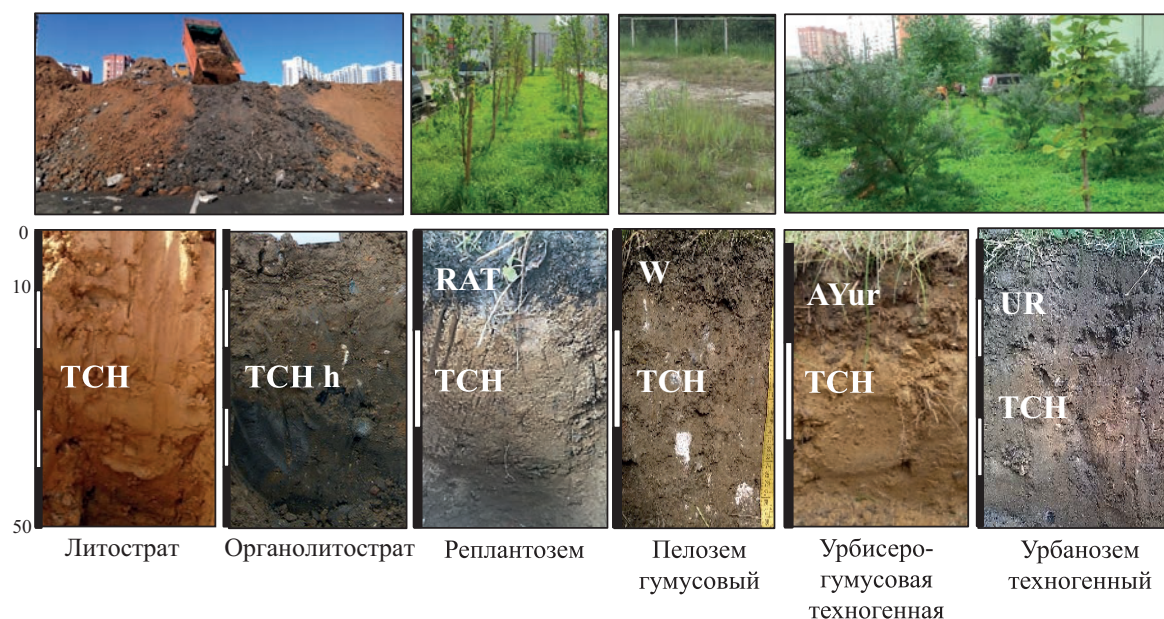


Фото © Светлана Кулачкова, Яна Лебедь-Шарлевич

Рис. 2. Основные типы изученных почв и ТПО застраиваемых территорий и жилых микрорайонов Москвы

В случае если подсыпка рекультивационного горизонта не осуществляется и происходит естественное зарастание литостратов и органолитостратов, то вместо реплантоземов формируются слаборазвитые почвы: на суглинках — пелоземы гумусовые, на песках — псаммоземы гумусовые с очень маломощными поверхностными дерновыми (W) горизонтами (названия почв согласно «Классификации и диагностике почв России [2004]).

Концепция образования и поглощения парниковых газов в насыпных грунтах и почвах в городских условиях

В процессе разложения органического вещества в техногенных и техногенно-рекрементонных грунтах, в природных органогенных отложениях образуются углекислый газ и метан. Как известно, в аэробных условиях доминирует углекислый газ, после исчерпания кислорода в анаэробных условиях при низких значениях окислительно-восстановительного потенциала в больших количествах накапливается метан. Образование биогаза продолжается в течение 10 и более лет. Сплошные слои газогенерирующих субстратов обычно погребены на некоторой глубине, в толще насыпных грунтов присутствуют локальные очаги газогенерации в виде скоплений строительно-бытового мусора и других органических включений (рис. 3). Образовавшиеся газы диффузионными и конвективными потоками перемещаются к поверхности. При этом часть их поглощается грунтовой толщей в результате процессов сорбции и растворения в воде. Это в большей степени имеет значение для углекислого газа, тогда как метан очень слабо растворяется в воде и адсорбируется твердой фазой [Смагин, 2005]. Основной механизм утилизации метана — это окисление специфической группой микроорганизмов — метанотрофными бактериями [Гальченко, 2001], которое начинается уже в толще грунтов, но максимально эффективно протекает в почвах.

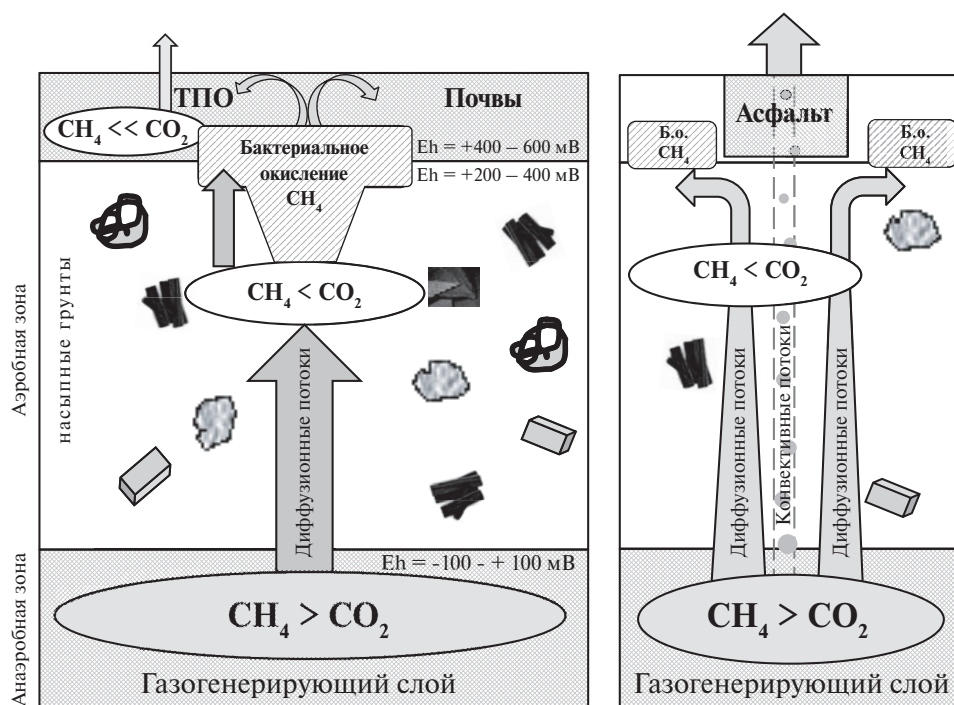


Рис. 3. Концептуальная схема образования и поглощения парниковых газов в насыпных грунтах и почвах в городских условиях

Источник: схема сделана авторами статьи.

Метаногенез — распространенный в природе процесс. Максимально интенсивно автохтонный (собственно почвенный) метан образуется в переувлажненных почвах. Но и в сухих (автоморфных) почвах внутри почвенных агрегатов, в центрах которых формируются восстановительные условия, продуцируется метан [Степанов, Манучарова, 2006]. Образовавшийся в газогенерирующих отложениях и привнесенный в почву аллохтонный метан, а также собственный автохтонный метан окисляются метанотрофными бактериями. От того, насколько благоприятные условия для этого процесса складываются в почвах и ТПО, будет зависеть полнота окисления и отсутствие или, наоборот, проявление эмиссии метана в атмосферу.

Бактериальное окисление метана ограничивают следующие факторы: низкий окислительно-восстановительный потенциал при недостатке кислорода (наблюдается при переувлажнении, переуплотнении, запечатывании асфальтобетонными покрытиями), хотя в последнее время известны работы по анаэробному окислению метана, но доля его мала [Serrano-Silva et al., 2014]; загрязнение легкорастворимыми солями (в городских почвах наблюдается при использовании противогололедных реагентов); высокая скорость газовых потоков. Наиболее полно бактерии ассимилируют медленные, диффузионные потоки метана, их они способны перехватить полностью, тогда как конвективные быстрые потоки устремляются в атмосферу [Заварзин, 1997].

В процессе бактериального окисления метана выделяется углекислый газ, поэтому в аэробных почвах с высокой метанотрофной активностью может повышаться содержание углекислого газа. Однако если окисление идет в пограничных окислительно-восстановительных условиях, оно может быть неполным и CO_2 образуется существенно меньше [Гальченко, 2001]. Основным источником углекислого газа в почвах и ТПО выступает аэробное разложение органического вещества и дыхание биоты.

Результаты и обсуждение

*Образование, поглощение и эмиссия парниковых газов
в городских почвах над погребенными стихийными свалочными телами*

Одной из проблем городов является возникновение стихийных свалочных тел, представляющих опасность для окружающей среды вследствие идущих в них процессов литификации грунтов, сопровождающихся образованием фильтрата и биогаза. По данным Раменского экологического центра, исследовавшего стихийные свалочные тела на территории Москвы, 40% таких образований состояли из бытовых отходов, газогеохимически опасных и пожароопасных, 43% — из строительного мусора и бытовых отходов, потенциально опасных в газогеохимическом отношении, и всего 12% — из строительного мусора, неопасного газогеохимически [Экологический атлас Москвы, 2000 (Карта стихийных свалочных тел)]. В начале 1990-х годов в городе было около 900 га стихийных свалочных тел. В 2005 г. правительство Москвы приняло постановление о проведении работ по рекультивации несанкционированных свалок на территории города. В этом документе был приведен полный перечень всех свалок с указанием местоположения, площади и мощности свалочного тела, состава насыпных грунтов, перспективного использования территории и очередность рекультивации. К 2007 г. количество свалок резко сократилось. Большая часть их к настоящему времени рекультивирована с поверхности. Но опасность от подобных объектов осталась, так как многие из них оказались в погребенном состоянии, в них генерируются метан и углекислый газ, которые могут накапливаться в грунтах и выделяться в приземную атмосферу.

Исследованные нами участки над погребенными стихийными свалочными телами отличались по запечатанности и подтоплению насыпных грунтов. На пяти запечатанных асфальтом участках определение содержания газов, их эмиссии и отбор образцов проводились после бурения скважин геологами. Разная степень подтопления грунтовыми водами (рис. 1) установлена по соответствующей карте из «Экологического атласа Москвы» [2000]. Неподтопляемые районы — это территории самых высоких моренных равнин, изначально наиболее расчлененных овражно-балочной сетью, на насыпных грунтах мощностью до 10 м. Периодически подтопляемые — это районы водно-ледниковых равнин в местах их расчленения днищами долин малых рек, балок и ложбин, с насыпными грунтами мощностью до 7 м. Подтопляемые — районы склонов речных долин, расчлененных овражно-балочной сетью на насыпных грунтах мощностью от 5 до 17 м, при этом грунтовые воды повсеместно встречаются на глубине менее 3 м от поверхности. В районах с подтоплением сформированы те же типы почв и ТПО, что были описаны выше, но с признаками оглеения (сизые и охристо-ржавые пятна, железисто-марганцевые конкреции и примазки) и несколько сниженным Eh. Так как это подсыпанные территории, классических гидроморфных условий не наблюдалось даже в подтопленных районах. В максимальной степени оглеение и восстановительные условия проявляются в запечатанных условиях.

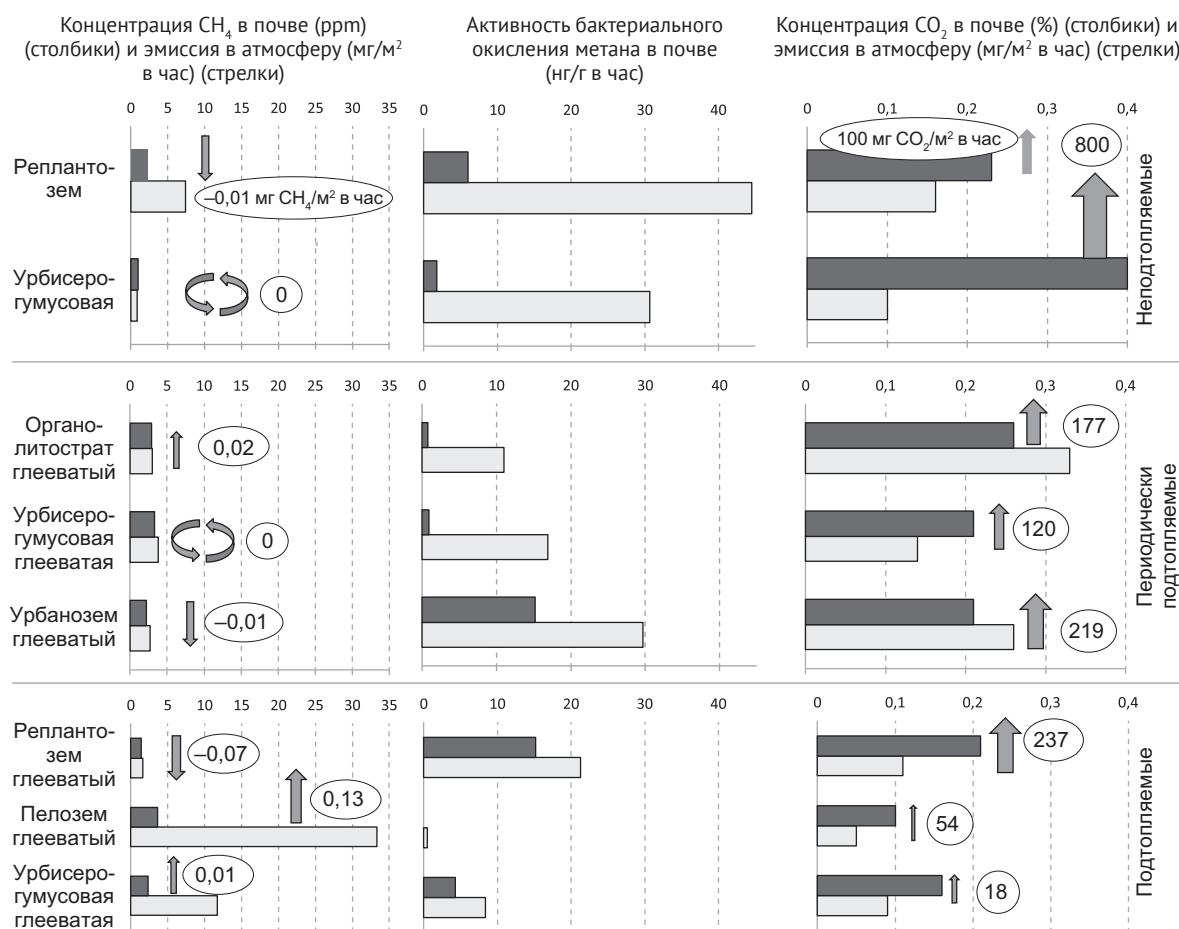


Рис. 4. Эмиссия метана и углекислого газа в зависимости от профильного распределения содержания этих газов и активности бактериального окисления метана в почвах над погребенными потенциально опасными газогенерирующими грунтами стихийных свалочных тел

Источник: схема сделана авторами статьи.

Примечание. График построен по средним значениям, n для каждого столбика от 4 до 8. Темно-серые столбики – данные для верхних горизонтов (для органо-литостратов – верхние 10 см), светло-серые – для нижних техногенных.

Поглощение и эмиссия метана в различных типах почв. В результате исследования образования и окисления метана в профиле различных почв выявлено следующее. Аллохтонный метан, мигрирующий от погребенного свалочного тела к поверхности, задерживается на биогеохимическом барьере, формирующемся в нижней части техногенных горизонтов (ТСН) городских почв (максимум на глубине 60 см). Об этом свидетельствует повышенная активность бактериального окисления метана в них по сравнению с верхними гумусированными горизонтами почв и ТПО (рис. 4). При этом активность метаногенеза, как правило, в нижней части профиля снижается, тогда как содержание метана, наоборот, выше. Реплантаземы, урбаноземы и урбисерогумусовые техногенные почвы обладают более высокочемкими метано-окисляющими барьерами по сравнению со слаборазвитыми пелоземами и ТПО без гумусовых горизонтов – органо-литостратами. Если сравнить одинаковые типы почв в районах, отличающихся по подтоплению, то максимальной активностью биологической утилизации метана обладают реплантаземы и урбисерогумусовые техногенные почвы неподтопляемых районов с окислительными условиями. В глееватых подтипах почв в подтопляемых районах интенсивность окисления метана снижается в 2 и более раз из-за ухудшения условий аэрации. На одном из подтопляемых участков было выявлено влияние засоления. Так, актив-

ность бактериального окисления метана в реплантоземах уменьшилась до 4,4 и 4,6 нг/г в час в горизонтах RAT и TCH при слабой и средней степени хлоридного засоления (содержание легкорастворимых солей 0,1–0,3%) соответственно. Это согласуется с данными об ингибировании окисления метана бактериями при солевом стрессе [Гальченко, 2001]

Эмиссия метана в атмосферу проявляется при дисбалансе его бактериального образования и окисления и/или при наличии значительных потоков аллохтонного метана. Среди рассмотренных типов почв и ТПО эмиссия наблюдалась, как правило, из органолитостратов и пелоземов с низкой метанотрофной активностью.

Пространственные закономерности составляющих цикла метана. По результатам более масштабного обследования техногенных горизонтов и эмиссионной съемки на участках разной подтопляемости и газогеохимической опасности выявлены следующие закономерности (рис. 5).

Образование автохтонного метана по медианным характеристикам не сильно меняется в техногенных горизонтах почв и ТПО всех рассматриваемых районов. Исключение составляют запечатанные ТПО в периодически подтопляемых подрайонах, что связано с наибольшим развитием восстановительных условий в них. Максимальные проявления метаногенеза увеличиваются при усилении подтопления грунтов.

В условиях приблизительно одинакового автохтонного метаногенеза для всех районов характерно увеличение содержания метана и интенсивности его утилизации над более газогеохимически опасными погребенными свалочными телами. Так, в неподтопляемых районах максимальное содержание метана на глубине 60 см составляет 7,4 и 1,3 ppm соответственно над погребенными пожароопасными и потенциально опасными грунтами, в подтопляемых — 347,8 и 33,3 ppm над опасными и потенциально опасными соответственно. Самое большое накопление метана происходит в случае запечатывания территории. Содержание метана под асфальтом над потенциально опасными грунтами достигает 1373 и 9262 ppm на неподтопляемых и периодически подтопляемых участках соответственно. В случае нахождения над опасными погребенными грунтами максимальные концентрации были выше еще в 2 раза.

Содержание метана в почвенном воздухе зависит не только от опасности погребенных свалочных грунтов, но и от того, насколько активно аллохтонные потоки от них перехватываются бактериальным фильтром в почвах и ТПО. Наибольшая активность бактериального окисления наблюдается в техногенных горизонтах почв и ТПО участков с неподтопляемыми насыпными грунтами. Аллохтонные потоки на незапечатанных территориях почти полностью ассимилируются бактериями, и концентрации метана в профиле почв и ТПО практически везде меньше 10 ppm, что, по нашим данным, соответствует уровню автоморфных природных почв южнотаежной зоны. Уменьшение окислительной способности в глееватых и глеевых техногенных горизонтах приводит к более высокой концентрации метана в них. Минимальная активность бактериального окисления метана отмечается в восстановительных условиях запечатанных грунтов. На запечатанных территориях имеет место боковой перенос газа от запечатанных мест к окружающим территориям (рис. 3), что ведет к резкому повышению бактериального окисления метана в прилегающих к асфальтовому покрытию почвах (до 26,5 нг/г в час) при отсутствии значительного автохтонного бактериального образования метана. То есть осуществляется сток метана, поступающего не только от газогенерирующей толщи снизу, но и за счет латерального переноса от запечатанных участков. Содержание метана в периферийных почвах и ТПО гораздо ниже, чем в запечатанных (рис. 5).

Эмиссия метана в атмосферу в летний период, как правило, отсутствует или низкая (по медианным значениям). Можно сказать, что она не проявляется над потенциально опасными свалками на неподтопляемых участках, так как здесь не происходит накопления метана в атмосфере выше фоновых уровней или оно незначительно. За фоновый уровень мы приняли среднепланетарную концентрацию метана в атмосфере, составляющую в настоящее время 1,85 ppm [Ключевые климатические показатели, 2018]. Над пожароопасными неподтопляемыми свалками возможно повышение содержания в атмосфере в 3 раза выше фона за счет локальных эмиссий. По этой же причине может в 2 раза повышаться концентрация над незапечатанными подтопляемыми и периодически подтопляемыми погребенными свалками. А вот над запечатанными в случае нарушения асфальтового покрытия может наблюдаться очень

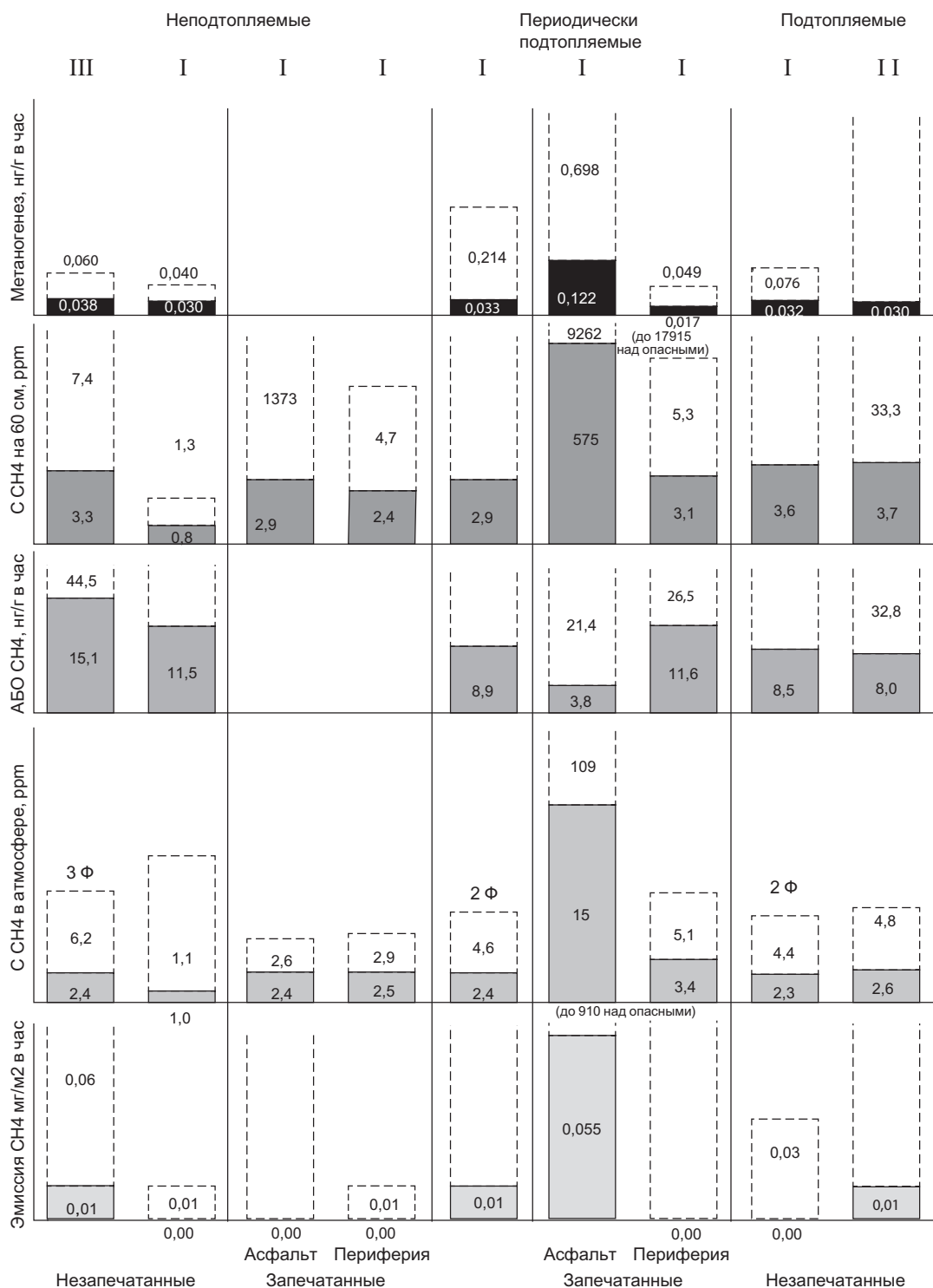


Рис. 5. Образование, окисление, содержание метана в почвах и эмиссия в атмосферу в зависимости от газогеохимической опасности и подогреваемости погребенных стихийных свалочных грунтов

Источник: графики построены по результатам исследований авторов статьи.

Примечание. I – газогеохимически потенциально опасные грунты, II – опасные грунты, III – пожароопасные грунты. В цветном столбике цифрами показаны медианы (для каждого столбика объем выборки от 5 до 24), в пунктирных столбиках цифрами показаны максимальные значения показателя. 2ф и 3ф – превышение фоновых среднепланетарных показателей в 2 и 3 раза соответственно.

высокая эмиссия метана в атмосферу и накопление его там выше ОБУВ². Нами была обнаружена такая высокая эмиссия метана в атмосферу из-под асфальта в процессе его бурения. Из литературных данных известно [Каллистова и др., 2005], что подобные величины эмиссии могут наблюдаться на полигонах ТБО, где они сильно варьируют в зависимости от возраста: максимальные потоки метана в атмосферу наблюдаются с молодых (5–10 лет) полигонов (0–9057 мг/м² в час), более низкие — при возрасте 15 лет и более (около 1 мг/м² в час, редко до 150 мг/м² в час).

Пространственные закономерности содержания и эмиссии углекислого газа в различных типах почв. Значимого вклада бактериального окисления метана в повышение содержания углекислого газа в исследованных почвах над стихийными свалочными телами выявлено не было. Это обусловлено тем, что более весомый вклад в его содержание вносит дыхание корней растений, а также микроорганизмов, разлагающих органическое вещество [Смагин, 2005]. Как правило, эмиссия углекислого газа была выше в почвах с наибольшим его содержанием в верхних горизонтах (рис. 4).

Содержание углекислого газа в техногенных горизонтах почв и ТПО и эмиссия его в атмосферу не выявили зависимости от концентрации этого газа в погребенных свалочных телах. Цифры соответствуют приведенным на рис. 4. По-видимому, интенсивное продуцирование углекислого газа современной почвенной биотой и растениями имеет большее значение, чем миграция газа с глубины. Однако самые высокие концентрации CO₂, так же как и метана, обнаружены в запечатанных ТПО.

Содержание углекислого газа в атмосфере по медианным значениям над разными участками варьировало в пределах 0,07–0,15% (при среднепланетарном значении 0,04% [Ключевые климатические показатели, 2018]), четких закономерностей выявлено не было. Максимальные концентрации в атмосфере достигали 0,2–0,4%, что связано с наличием наземного источника загрязнения (работающего автотранспорта или строительной техники). Напомним, что такие концентрации, по мнению зарубежных ученых, считаются неблагоприятными для здоровья человека.

Образование, поглощение и эмиссия парниковых газов в городских почвах, сформированных при засыпании и застройке поймы реки³

Строительство в поймах рек сопровождается инженерной подготовкой территории, направленной на понижение уровня грунтовых вод. До начала строительства грунтовые воды на исследованном участке располагались на уровне не глубже 3 м, на низкой пойме и заболоченном участке они выходили на поверхность. Большая часть поймы была подтоплена, поэтому перед строительством она была засыпана привозными техногенными грунтами, неоднородными по составу и свойствам. С поверхности они имели супесчаный и легкосуглинистый гранулометрический состав, содержали от 5 до 30% строительного и бытового мусора (обломки кирпича и бетона, арматуру, древесину, битое стекло, пластик, полиэтилен и др.). Мощность насыпи варьировала от 1 до 7 м. После засыпки уровень грунтовых вод опустился на глубину 4–7 м, на большей части территории удалось избавиться от подтопления. Локальные признаки переувлажнения отмечались в ТПО, сформированных в непосредственной близости к реке в северо-восточной части участка. Помимо насыпных техногенно-рекрементогенных отложений, на данной территории источниками парниковых газов могут быть погребенные природные органогенные отложения (торф и сапропель), ареалы их распространения, выявленные по данным геологического обследования⁴, показаны на рис. 6, 7.

До начала строительства на исследованной территории доминировали аллювиальные серогумусовые почвы в центральной пойме и аллювиальные перегнойно-глеевые в низкой пойме. В ходе инженерной подготовки территории созданы такие ТПО, как литостраты и органолитостраты, после застройки и благоустройства — реплантоземы. Их свойства соответствуют описанным в начале статьи.

2 ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия, согласно ГН 2.1.6.2309-07 ОБУВ, для метана в атмосферном воздухе населенных мест составляет 50 мг/м³.

3 В этом подразделе использованы материалы работы [Лебедь-Шарлевич, 2017].

4 Данные по уровню залегания грунтов, мощности насыпных грунтов и наличию в них погребенных органогенных отложений были предоставлены специалистами ООО «НПЦ «Экостройгеология». Характеристика поверхностных грунтов составлена авторами статьи.

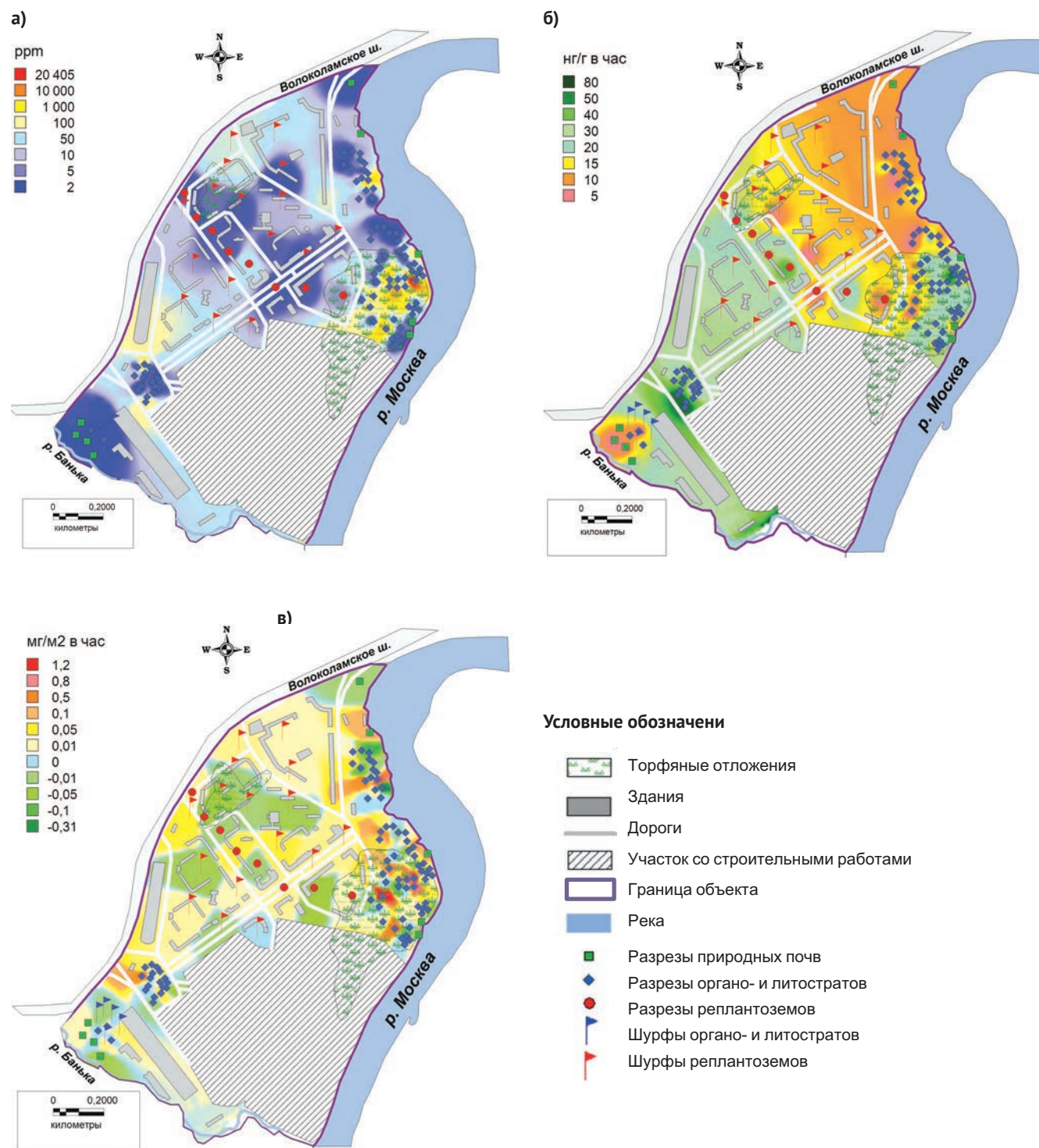


Рис. 6. Картосхемы содержания метана в почвах (а), активности бактериального окисления метана (б) и эмиссии метана в атмосферу (в) на засыпанной пойме Москвы-реки

Источник: картосхемы построены авторами статьи на основе результатов собственных исследований.

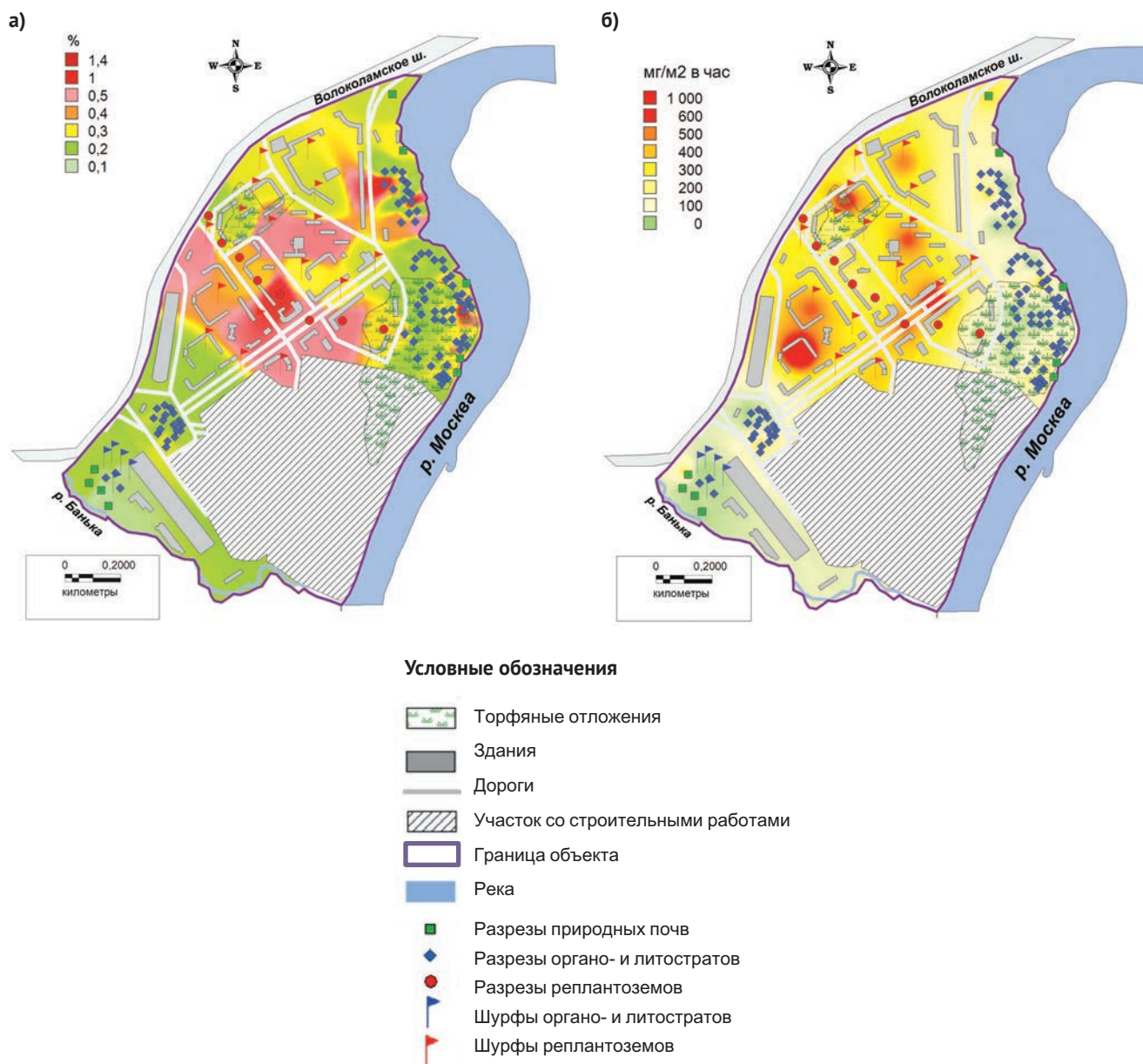


Рис. 7. Картосхемы содержания углекислого газа в почвах (а) и его эмиссии в атмосферу (б) на засыпанной пойме Москвы-реки

Источник: картосхемы построены авторами статьи на основе результатов собственных исследований.

Пространственные закономерности составляющих цикла метана в различных ТПО засыпанной поймы. Содержание метана в литостратах и органо-литостратах сильно варьировало по площади из-за неоднородности насыпных грунтов и наличия погребенных торфяных отложений. Оно имело логнормальное распределение с преобладанием низких значений. Выявлено статистически достоверное ($p < 0,05$) повышение содержания метана в профиле ТПО, сформированных на техногенных грунтах, включающих погребенные торфяные слои. Этот ареал выделяется на рис. 6а красновато-желтыми тонами в восточной части участка. На данном участке концентрация метана (медиана) в литостратах составляла 3,0, в органо-литостратах — 3,9 ppm, тогда как в местах без торфяных слоев — 2,7 и 2,9 ppm соответственно. Максимальные значения достигали 20 405 ppm над торфяными отложениями из-за миграции аллохтонного метана и были ниже без них (3045,0 ppm).

Активность бактериального образования метана находилась на среднем уровне, составляла по медиане 0,015 и 0,059 нг/г в час в литостратах и органолитостратах соответственно. Максимальные значения достигали 0,62 нг/г в час. Для этих ТПО характерны значимые положительные корреляционные связи активности бактериального образования метана и содержания органического углерода ($r = 0,62, p < 0,05$).

В ответ на поступление аллохтонного метана и собственное его образование в нижней части техногенных горизонтов литостратов и органолитостратов формировались биогеохимические барьеры за счет окисления метана метанотрофными бактериями. При этом статистически отличаются три группы этих ТПО: первая — ТПО в северо-восточной части участка с наименьшей активностью бактериального окисления метана ($10,4 \pm 1,5$ нг/г в час), вторая в восточной части над погребенными органогенными отложениями ($20,6 \pm 3,9$ нг/г в час) и третья в юго-западной части над наиболее сухими и замусоренными насыпными грунтами ($36,6 \pm 6,2$ нг/г в час). Максимальные значения окисления метана отмечались в первой и третьей группе (62,0 и 77,8 нг/г в час соответственно).

Эмиссия метана в атмосферу не подчинялась статистическому закону нормального распределения и по медианным значениям равнялась 0 для литостратов и 0,01 мг $\text{CH}_4/\text{м}^2$ в час для органолитостратов. Эмиссия метана до 0,04 мг/м² в час может наблюдаться в автоморфных почвах южнотаежной зоны, поэтому считается низкой [Паников и др., 1992]. Локальная повышенная эмиссия метана в атмосферу (больше 0,1 мг $\text{CH}_4/\text{м}^2$ в час) наблюдалась всего в 18% случаев в первой группе ТПО, в 25% — над погребенными торфяными прослоями и в 6% случаев — в третьей группе ТПО с максимальным бактериальным окислением.

В ходе благоустройства территории на газонах были созданы реплантоземы с рекультивационным горизонтом RAT, в котором при высоком содержании органического углерода ($4,96 \pm 0,56\%$) происходило активное образование метана с максимумом 0,85 нг/г в час. В горизонтах RAT образуется второй биогеохимический барьер, окисляющий собственный — автохтонный — метан, а также завершающий окисление аллохтонного метана, который не утилизируется в техногенных горизонтах. Активность бактериального окисления метана достигала очень высоких значений — 46,9 нг/г в час. Эмиссия метана в атмосферу не превышала природные значения или отсутствовала, происходило поглощение атмосферного метана (рис. 6в).

Пространственные закономерности содержания и эмиссии углекислого газа в различных ТПО засыпанной поймы. Содержание углекислого газа в профиле ТПО сильно варьировало по площади (рис. 7а) и зависело преимущественно от разложения органического вещества в грунтах в аэробных условиях. Суммарно для литостратов и органолитостратов значения концентрации CO_2 в профиле низкие (медиана 0,23%, среднее $0,29 \pm 0,03$), что обусловлено слабой биологической активностью техногенных горизонтов. Локальные повышения обусловлены разложением включений бытового мусора. В реплантоземах содержание углекислого газа повышается за счет интенсификации деятельности микроорганизмов, минерализации торфокомпостного материала и дыхания корней растений. Средняя концентрация CO_2 в реплантоземах $0,38 \pm 0,02\%$ (максимум достигает 0,9%).

Эмиссия углекислого газа в атмосферу была минимальна из литостратов и органолитостратов, где она составляла в среднем $91,7 \pm 12,7$ мг $\text{CO}_2/\text{м}^2$ в час, медиана 61,9 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2$ в час). Из реплантоземов она гораздо выше, наблюдается сильное варьирование от средних до чрезвычайно высоких значений ($317,6 \pm 41,9$ мг $\text{CO}_2/\text{м}^2$ в час, максимально более 1000 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2$ в час) (рис. 7б). Тем самым созданные при благоустройстве реплантоземы вносят существенный вклад в повышение содержания CO_2 в приземной атмосфере.

Образование, поглощение и эмиссия парниковых газов в городских почвах, сформированных при рекультивации полей фильтрации сточных вод

В Москве существует опыт застройки полностью рекультивированных территорий полей фильтрации муниципальных сточных вод (Люблинские и Люберецкие поля). До рекультивации основным фактором экологической опасности таких объектов выступали илы сточных вод. Помимо загрязнения тяжелыми металлами, фосфором и азотом, в них происходило образование биогаза при разложении органического вещества в переувлажненных восстановительных условиях. В процессе рекультивации полей фильтрации опасные иловые осадки

удаляются и утилизируются. Качество проводимых работ обуславливает то, будут ли эти территории представлять экологическую опасность как источник метана и углекислого газа в атмосферу или нет. Это во многом зависит от функционирования почв, формирующихся в ходе рекультивации, в частности, от образования, потребления и эмиссии этих газов из них.

Пространственные закономерности составляющих цикла метана в различных ТПО рекультивированных полей фильтрации. В процессе рекультивации значительно снижается концентрация метана, обусловленная его активным образованием в анаэробной толще илов сточных вод (с целых процентов в илах до единиц ppm в созданных литостратах, органо-литостратах и реплантоземах), эмиссия метана в атмосферу (в среднем с 0,2–0,9 до 0–0,01 мг CH₄ м² в час), содержание в атмосфере (с 37 до 2–3 ppm). Эти цифры характерны для летнего периода [Kulachkova, Mozharova, 2015].

В литостратах в зимний период иногда наблюдались аномальные значения метана в профиле, проявлялась довольно высокая эмиссия в атмосферу, содержание в приземном слое воздуха могло превышать среднепланетарное фоновое на порядок (табл. 1).

Таблица 1. Сезонная динамика концентрации и эмиссии метана и углекислого газа в ТПО рекультивированных полей фильтрации

ТПО		Концентрация в профиле ТПО		Эмиссия в атмосферу, мг/м ² × ч ⁻¹		Концентрация в атмосфере	
		CH ₄ , ppm	CO ₂ , %	CH ₄	CO ₂	CH ₄ , ppm	CO ₂ , %
Литостраты	Весна	2,4–57,2	0,07–0,33	0,02–0,24 (31%)	3,7–198	1,7–3,4	0,06–0,22 (62%)
	Лето	1,9–3,8	0,08–0,50	< 0–0,02	< 0–145	2,5–4,3	0,06–0,25 (57%)
	Осень	2,4–47,0	0,12–0,60 (4%)	0–0,15 (9%)	0–270	1,4–5,7	0,03–0,16 (47%)
	Зима	1,8–120,0 (7%)	0,08–0,64 (7%)	0–0,98 (44%)	0–170	2,1–16,3 (7%)	0,03–0,12 (13%)
Органолитостраты	Весна	3,0–944,0 (12%)	0,53–2,26 (100%)	0,02–8,74 (62%)	125–1900 (25%)	1,5–2,0	0,07–0,08
	Лето	2,9–6,9	0,16–0,50	< 0–0,01	< 0–318	2,6–4,8	0,06–0,24 (95%)
	Осень	3,4–16670 (45%)	0,10–2,20 (55%)	0–3,7 (18%)	50–790 (27%)	2,4–7,3 (27%)	0,04–0,16 (36%)
	Зима	4,5–2580 (25%)	0,30–0,82 (75%)	0,09–51,51 (50%)	82–260	3,6–6,6 (25%)	0,07

Примечание. В скобках дана частота встречаемости значений (в %), превышающих для метана: концентрации в почвах – 100 ppm; эмиссии в атмосферу – 0,10 мг CH₄/м² в час; концентрации в атмосфере – 6 ppm; для диоксида углерода: концентрации в почвах – 0,5%; эмиссии в атмосферу – 500 мг CO₂/м² в час; концентрации в атмосфере – 0,1%.

Источник: данные авторов.

В органо-литостратах в холодный период года до 20% опробованных ТПО характеризовались потенциально опасным и даже опасным содержанием метана, очень интенсивной эмиссией и некоторым накоплением в приземном слое. Таким образом, участки с органо-литостратами выступали индикаторами не вполне успешно проведенной рекультивации, при которой

имело место либо неполное изъятие осадка, либо планирование территории велось с помощью грунтов, в толще которых возможно образование компонентов биогаза и его миграция к поверхности. Интенсивная эмиссия в весенний период, вероятно, была связана с конвективными потоками при прогревании и иссушении почв после зимнего периода. Зимой метан мог выделяться по трещинам, образующимся при замерзании грунта.

Минимальные показатели содержания и эмиссии метана в летний период обусловлены наибольшей активностью бактериального окисления метана в ТПО (рис. 8).

В молодых реплантоземах активность метаногенеза среднего уровня отмечается в поверхностных горизонтах RAT (0,01–0,09 нг/г в час), снижается на порядок в подстилающих песчаных техногенных горизонтах. С течением времени при минерализации торфокомпостных горизонтов метаногенез в них уменьшается в 10 раз. Бактериальное окисление метана в горизонтах RAT молодых реплантоземов высокое (18–20 нг/г в час), препятствует его эмиссии в атмосферу, снижается с течением времени в разы. В нижележащих минеральных горизонтах активность окисления может сильно варьировать в зависимости от наличия включений остатков иловых отложений в нижележащих грунтах в среднем от 3 до 15 нг/г в час. Этого оказывается достаточно, чтобы реплантоземы и сформированные из них впоследствии урбисерогумусовые техногенные почвы не являлись источником метана в атмосферу в летнее время.

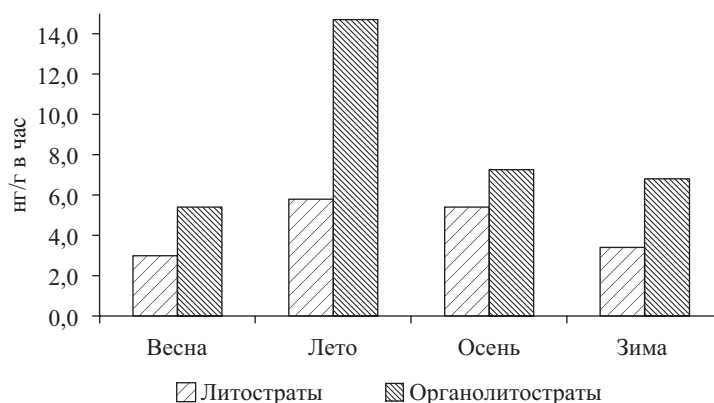


Рис. 8. Сезонная динамика активности бактериального окисления метана (медианы) в ТПО рекультивированных полей фильтрации сточных вод

Источник: данные авторов.

Пространственные закономерности содержания и эмиссии углекислого газа в различных ТПО рекультивированных полей фильтрации. В летний период не наблюдается опасных концентраций углекислого газа в профиле ТПО и экстремально высоких значений эмиссии в атмосферу. В весенний и осенний периоды, при увеличении влажности и замедлении миграции, происходит накопление CO_2 в толще ТПО, особенно органолитостратов, и возможны редкие (в 25–27% ТПО) интенсивные выделения в атмосферу, которые быстро рассеиваются (табл. 1).

Эмиссия углекислого газа наибольшая в первые годы после рекультивации, по мере минерализации торфокомпостных горизонтов реплантоземов и трансформации их в серогумусовые она снижается до природных значений. По нашим данным, до 70% рекультивированной территории Люблинских полей фильтрации 15-летнего возраста еще испытывают влияние аллохтонных потоков метана и углекислого газа от погребенных остаточных фрагментов илов сточных вод. На территориях 30-летнего возраста этот процент снижается до 25.

Заключение

На основе представленных материалов можно сделать следующие выводы. Городские почвы, выполняя экологические функции, препятствуют поступлению парниковых газов от газогенерирующих слоев, погребенных в толще насыпных грунтов, образованных при строительстве.

Так, над стихийно образованными свалочными телами в городе наиболее эффективно утилизация метана происходит в летний период в автоморфных урбисерогумусовых техногенных почвах, урбаноземах техногенных и реплантоземах. Эмиссии в атмосферу, как правило, не происходит даже при формировании почв на мощных загрязненных грунтах. Ухудшение почвенных свойств в органо- и литостратах, в слабразвитых почвах, при подтоплении, загрязнении легкорастворимыми солями и запечатывании снижает их окислительную активность и повышает вероятность эмиссии метана в атмосферу. Исследования подтвердили, что эмиссия углекислого газа зависит от его образования в почвах и грунтах, условий увлажнения, дыхания почвенных микроорганизмов и растений. Как правило, она наибольшая в летний период и в наиболее аэрированных, гумусированных почвах с хорошо развитой растительностью.

На засыпанных поймах выявлены похожие закономерности. Почвенное бактериальное окисление отвечало на потоки метана из более глубоких слоев повышением как минимум в 2 раза по сравнению с их отсутствием. Литостраты и органолитостраты перехватывали аллохтонные потоки не всегда достаточно эффективно, наблюдались локальные всплески повышенной эмиссии метана в атмосферу, тогда как система биогеохимических барьеров, сформированная в реплантоземах, полностью ассимилировала поступающий и собственный метан. Однако реплантоземы, осуществляя сток метана, выступали значительным источником углекислого газа в атмосферу.

Почвы рекультивированных полей фильтрации в летний период, как и на предыдущих объектах, осуществляют сток метана, а в холодное время года могут представлять некоторую опасность для загрязнения атмосферы парниковыми газами.

Выявленные общие закономерности в функционировании городских почв исследованных объектов позволяют предложить некоторые рекомендации по уменьшению потоков парниковых газов в атмосферу. Необходимо организовывать строгий контроль над используемыми грунтами при строительстве, они не должны содержать органического мусора, разложение которого приводит к выделению парниковых газов. При благоустройстве территорий необходимо осушать переувлажненные участки, сокращать площадь запечатанности, использовать альтернативные асфальтовым покрытиям материалы при создании дорожек, наземных парковок для автотранспорта, обеспечивающие аэрацию находящихся под ними грунтов. Для снижения эмиссии углекислого газа при разложении торфокомпостных субстратов, используемых для газонов, требуется разработка альтернативных почвогрунтов.

Источники

- Гальченко В.Ф. (2001) Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. (1986) Экологические функции почвы. М.: Изд-во МГУ.
- Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году» (2015) / под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИА-Природа.
- Заварзин Г.А. (1997) Эмиссия метана с территории России // Микробиология. Т. 66. № 5. С. 669–673.
- Каллистова А.Ю. и др. (2006) Эмиссия метана с поверхности полигона захоронения твердых бытовых отходов в зависимости от возраста полигона и от времени года // Экологическая химия. Т. 15. Вып. 1. С. 13–21.
- Классификация и диагностика почв России. (2004) / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена.
- Ключевые климатические показатели. (2018) // Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2017 г. // ВМО. № 1212. С. 5–9. Режим доступа: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=4457 (дата обращения: 15.11.2019).
- Методы почвенной микробиологии и биохимии. (1991) / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ.
- Можарова Н.В., Кулачкова С.А., Лебедь-Шарлевич Я.И. (2018) Эмиссия и поглощение парниковых газов в почвах Москвы // Почвоведение. № 3. С. 1–13.
- Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2004 гг. (2006) М.: Росгидромет.
- Паников Н.С. и др. (1992) Образование и потребление метана в почвах Европейской части СССР // Журнал экологической химии. № 1. С. 9–26.
- Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. (2001) / под ред. Е.В. Шеина. М.: Изд-во МГУ.
- Прокофьева Т.В. и др. (2014) Введение почв и почвоподобных образований городских территорий

- в классификацию почв России // Почвоведение. № 10. С. 1155–1164.
- Розанов Б.Г. (2004) Морфология почв: учеб. для высшей школы. М.: Академический Проект. С. 359
- Смагин А.В. (2005) Газовая фаза почв. М.: Изд-во МГУ.
- Степанов А.Л., Манучарова Н.А. (2006) Образование и поглощение парниковых газов в почвенных агрегатах. М.: Изд-во МГУ.
- Теория и практика химического анализа почв. (2006) / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС.
- Экологический атлас Москвы. (2000) М.: АБФ/ABF.
- Carbon and Other Biogeochemical Cycles, 2013 (2013) // IPCC. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker et al. (eds). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Press C.U. P. 465–570.
- Decina S.M. et al. (2016) Soil Respiration Contributes Substantially to Urban Carbon Fluxes in the Greater Boston Area // Environmental Pollution. Vol. 212. P. 433–439.
- Kulachkova S., Mozharova N. (2015) Generation, Sink, and Emission of Greenhouse Gases by Urban Soils of Reclaimed Filtration Fields // Journal of Soils and Sediments. Vol. 15. No. 8. P. 1753–1763.
- Livesley S.J. et al. (2010) Soil-atmosphere Exchange of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide in Urban Garden Systems: Impact of Irrigation, Fertiliser and Mulch // Urban Ecosyst. Vol. 13. P. 273–293.
- Robertson D.S. (2006) Health Effects of Increase in Concentration of Carbon Dioxide in the Atmosphere // Current Science. Vol. 90. No. 12. P. 1607–1609.
- Satterthwaite D. (2008) Cities' Contribution to Global Warming: Notes on the Allocation of Greenhouse Gas Emissions // Environment & Urbanization. Vol. 20. No. 2. P. 539–549.
- Serrano-Silva N. et al. (2014) M. Methanogenesis and Methanotrophy in Soil: A Review // Pedosphere. Vol. 24. No. 3. P. 291–307.

Приложение 1

Термины и определения

Автохтонные метан и углекислый газ — газы, образующиеся непосредственно в самой почве в процессе трансформации находящегося в ней органического вещества.

Аллохтонные метан и углекислый газ — газы, привнесенные в почву из нижележащих почвообразующих пород и подстилающих грунтов.

Литостраты — насыпные минеральные грунты: отвалы вскрышных и вмещающих пород горнодобывающих и строительных предприятий, грунтовые насыпи и выравненные грунтовые площадки, создающиеся при разработке и обустройстве месторождений полезных ископаемых, строительстве поселков и проч. Относятся к техногенным поверхностным образованиям [*Классификация и диагностика почв России, 2004*].

Оглеение — процесс метаморфического преобразования минеральной почвенной массы в результате постоянного или периодического переувлажнения, приводящего к сильному развитию восстановительных процессов, иногда (или локально) сменяемых окислительными; признаки оглеения — сизоватые и зеленоватые тона окраски, охристо-ржавые пятна, конкреции и примазки [*Розанов, 2004, с. 359*].

Органолитостраты — смешанный несортированный органоминеральный материал. Это могут быть искусственные смеси органического и минерального материала, а также гумусированный мелкоземистый почвенный материал, предварительно срезанный и складированный для последующей рекультивации. Относятся к техногенным поверхностным образованиям [*Классификация и диагностика почв России, 2004*].

Пелоземы гумусовые — слаборазвитые почвы, профиль которых состоит из гумусово-слаборазвитого горизонта (W, мощность менее 5 см), залегающего непосредственно на рыхлых отложениях тяжелого (глинистого и суглинистого) гранулометрического состава [*Классификация и диагностика почв России, 2004*].

Псаммоземы гумусовые — слаборазвитые почвы, профиль которых состоит из гумусово-слаборазвитого горизонта (W, мощность менее 5 см), залегающего непосредственно на песчаной почвообразующей породе гранулометрического состава [*Классификация и диагностика почв России, 2004*].

Потенциометрический метод — электрохимический метод анализа, основанный на зависимости потенциала электрода от активности (концентрации) определяемого иона [Теория и практика химического анализа почв, 2006, с. 66].

Реплантоземы — целенаправленно созданные образования (земли, рекультивированные главным образом под сельскохозяйственное использование), которые характеризуются залеганием гумусированного или минерально-органического плодородного слоя на предварительно подготовленной (обычно спланированной) поверхности нарушенных грунтов, в том числе насыпных. Относятся к техногенным поверхностным образованиям [Классификация и диагностика почв России, 2004]. Имеют диагностический горизонт RAT — насыпной компостный, торфокомпостный или гумусированный материал, используемый для рекультивации и слабо измененный почвообразованием [Прокофьева и др., 2014].

Рекрементогенный материал — (от лат. Recrementum — отбросы, нечистоты, мусор) бытовой мусор (стекло, бумага, синтетические продукты, пищевые отходы, текстильные материалы и проч.), строительный мусор (кирпич, цементная крошка, древесина и т.д.), материал осадков сточных вод.

Урбаноземы (син. урбостратоземы) — синлитогенные городские почвы, образующиеся при постепенном поступлении небольших порций «породного» субстрата и в наибольшей степени соответствующие городской среде. Термин «урбанозем» предложен М.Н. Строгановой с соавторами. Имеют диагностический поверхностный серовато-бурый горизонт урбик, характеристики которого подробно описаны Т.В. Прокофьевой с соавторами. Главные из них: мощность (больше 5 см на техногенных субстратах, не менее 40 см — на естественных почвенных горизонтах), содержание артефактов более 10%, признаки слоистости, реакция среды от нейтральной до щелочной, частое вскипание от HCl, содержание загрязняющих веществ не более 2ПДК/ОДК, повышенное содержание фосфора. Выделяют три типа: собственно урбаноземы, урбаноземы на погребенных почвах и урбаноземы техногенные [Прокофьева и др., 2014].

Урбисерогумусовые техногенные почвы — молодые городские почвы, развивающиеся на техногенном субстрате, имеющие поверхностный серогумусовый горизонт, мощностью более 5 см, с урбиковыми признаками, но недостаточными для выделения диагностического горизонта урбик.

SVETLANA KULACHKOVA, YANA LEBED-SHARLEVICH,
NADEZHDA MOZHAROVA, ANNA NIKOLAEVA

THE ROLE OF URBAN SOILS

IN THE REGULATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Svetlana A. Kulachkova, PhD, Senior Researcher, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (916) 488-90-77
E-mail: kulachkova_sa@inbox.ru

Yana I. Lebed-Sharlevich, PhD, Senior Researcher, Federal State Budgetary Institution "The Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health); 10 bldg. 1 Pogodinskaya Ulitsa, Moscow, 119121, Russian Federation, tel.: +7 (916) 580-26-43
E-mail: yana.l-sh@mail.ru

Nadezhda V. Mozharova, DSc (*in the past*: Assistant Professor, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University); 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation.
E-mail: nvm47@list.ru

Anna M. Nikolaeva, Junior Researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology (IGCE); 20b Glebovskaya Ulitsa, Moscow, 107258, Russian Federation, tel.: +7 (926) 469-74-80
E-mail: amnik21@yandex.ru

Abstract

The article is devoted to modern issues of greenhouse gas emissions into the atmosphere in the urban environment and the identification of the role of soils in regulating this process. Three types of potentially gas-generating objects were investigated: territories over buried natural landfill layers, construction sites on a river floodplain and reclaimed wastewater filtration fields. For each object type, the types of dominant soils, their physical, chemical properties, and the ability to generate and oxidize methane, produce carbon dioxide were determined. We demonstrate that more developed Urbic Technosols (Humic), as well as Urbic Technosols (Folic) created during the landscaping, more efficiently utilize allochthonous methane fluxes than Urbic Technosols (Transportic) and underdeveloped soils. Emissions of methane to the atmosphere from the first group of soils are not observed, but they serve as a more powerful source of carbon dioxide in the atmosphere compared to the second group of soils. Sealing, over compaction, salinization, flooding of urban soils reduce their oxidative ability and increase the probability of methane emissions into the atmosphere.

In connection with the growth of industrialization, cities are becoming increasingly important in the circulation of substances in nature. Cities act as sources of greenhouse gases, which are emitted by industry, road transport, landfills, and urban soils. Due to the increase in population density, there are more and more areas with unfavorable environmental conditions, such as overmoist floodplains, filled ravines, unauthorized waste dumps, and reclaimed filtration fields are being built up. Urban soils in such areas are sources of and sinks for methane and carbon dioxide.

Takeaway for practice: This study is important for understanding the contribution of urban soils to greenhouse gas emissions, which is still unknown. The results can be used in the development of recommendations for the reclamation of potentially dangerous geochemical gas areas used for construction.

Key words: methane; carbon dioxide; technogenic soil; biogas; greenhouse gas emission; functioning of urban soils

Citation: Kulachkova S., Lebed-Sharlevich Y., Mozharova N., Nikolaeva A. (2018) The Role of Urban Soils in the Regulation of Greenhouse Gas Emissions. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 48–68 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201848-68>

References

- Carbon and Other Biogeochemical Cycles, 2013 (2013). IPCC. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocke et al. (eds). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Press C.U., pp. 465–570.

- Decina S.M. et al. (2016) Soil Respiration Contributes Substantially to Urban Carbon Fluxes in the Greater Boston Area. *Environmental Pollution*, vol. 212, pp. 433–439.
- Dobrovol'skiy G.V., Nikitin Ye.D. (1986) *Ekologicheskiye funktsii pochvy* [Ecological functions of soil]. Moscow: Izd-vo MGU [Publishing House of Moscow State University]. (in Russian)
- Doklad "O sostoyanii okruzhayushchey sredy v gorode Moskve v 2014 godu". (2015) [Report "On the state of the environment in the city of Moscow in 2014"] / A.O. Kul'bachevskii (ed.). Moscow: DPIOOS; NIA-Priroda. (in Russian)
- Ekologicheskiy atlas Moskvy. (2000) [Ecological atlas of Moscow]. Moscow: ABF/ABF. (in Russian)
- Gal'chenko V.F. (2001) *Metanotrofnyye bakterii* [Methanotrophic bacteria]. Moscow: GEOS. (in Russian)
- Kallistova A.YU. et al. (2006) Emissiya metana s poverkhnosti poligona zakhoroneniya tverdykh bytovykh otkhodov v zavisimosti ot vozrasta poligona i ot vremeni goda [Emission of methane from the surface of a landfill for the disposal of solid domestic waste, depending on the age of the landfill and on the season of the year]. *Ekologicheskaya khimiya* [Ecological chemistry], vol. 15, no 1, pp. 13–21. (in Russian)
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. (2004) [Classification and diagnostics of soils in Russia] / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oykumena. (in Russian)
- Klyuchevye klimaticheskie pokazateli (2018) [Key climate indicators, 2018]. Zayavlenie WMO o sostoyanii globalnogo klimata v 2017 godu [WMO statement on the state of the global climate in 2017]. WMO, no 1212, pp. 5–9. Available at: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=4457 (accessed 15 November 2019).
- Kulachkova S., Mozharova N. (2015) Generation, sink, and emission of greenhouse gases by urban soils of reclaimed filtration fields. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 15, no 8, pp. 1753–1763.
- Livesley S.J. et al. (2010) Soil-atmosphere Exchange of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide in Urban Garden Systems: Impact of Irrigation, Fertiliser and Mulch. *Urban Ecosyst*, vol. 13, pp. 273–293.
- Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii. (1991) [Methods of soil microbiology and biochemistry] / D.G. Zvyagintsev (ed.). Moscow: Izd-vo MGU [Publishing House of Moscow State University]. (in Russian)
- Mozharova N.V., Kulachkova S.A., Lebed'-Sharlevich Y.I. (2018) Emissiya i pogloshcheniye parnikovykh gazov v pochvakh Moskvy [Emission and consumption of greenhouse gases in Moscow soils]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], no 3, pp. 1–13. (in Russian)
- Natsional'nyy doklad Rossiyskoy Federatsii o kadastro antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorbtitsii poglotitelyami parnikovykh gazov, ne reguliruyemykh Monreal'skim protokolom za 1990–2004 gg. (2006) [National report of the Russian Federation on the inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for 1990–2004]. Moscow: Roshydromet. (in Russian)
- Panikov N.S. et al. (1992) Obrazovaniye i potrebleniye metana v pochvakh Yevropeyskoy chasti SSSR [Generation and consumption of methane in the soils of the European part of the USSR]. *Zhurnal ekologicheskoy khimii* [Journal of Ecological Chemistry], no 1, pp. 9–26. (in Russian)
- Polevyiye i laboratornyye metody issledovaniya fizicheskikh svoystv i rezhimov pochv. (2001) [Field and laboratory methods for studying physical properties and regimes of soils] / Ye.V. Shein (ed.). Moscow: Izd-vo MGU [Publishing House of Moscow State University]. (in Russian)
- Prokof'yeva T.V. et al. (2014) Vvedeniye pochv i pochvopodobnykh obrazovaniy gorodskikh territoriy v klassifikatsiyu pochv Rossii [Introduction of soils and soil-like formations of urban areas into the soil classification of Russia]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], no 10, pp. 1155–1164. (in Russian)
- Robertson D.S. (2006) Health Effects of Increase in Concentration of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Current Science*, vol. 90, no 12, pp. 1607–1609.
- Satterthwaite D. (2008) Cities' Contribution to Global Warming: Notes on the Allocation of Greenhouse Gas Emissions. *Environment & Urbanization*, vol. 20, no 2, pp. 539–549.
- Serrano-Silva N. et al. (2014) Methanogenesis and Methanotrophy in Soil: A Review. *Pedosphere*, vol. 24, no 3, pp. 291–307.
- Smagin A.V. (2005) *Gazovaya Faza Pochv* [Gas phase of soils]. Moscow: Izd-vo MGU [Publishing House of Moscow State University]. (in Russian)
- Stepanov A.L., Manucharova N.A. (2006) Obrazovaniye i pogloshcheniye parnikovykh gazov v pochvennykh agregatakh [Generation and consumption of greenhouse gases in soil aggregates]. Moscow: Izd-vo MGU [Publishing House of Moscow State University]. (in Russian)
- Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv. (2006) [Theory and practice of chemical soil analysis] / L. Vorob'eva (ed.). Moscow: GEOS. (in Russian)
- Zavarzin G.A. (1997) Emissiya metana s territorii Rossii [Emission of methane from the territory of Russia]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], vol. 66, no 5, pp. 669–673. (in Russian)

THEODOR WIMMER, MARIA-BERNADETTE
THURNER, USCHI DORAU, HEIMO FRISCH,
OLIVER RATHSCHÜLER
**HIGH QUALITY OPEN SPACES
IN URBAN DEVELOPMENT –**
SELECTED EXAMPLES FROM GRAZ, AUSTRIA

Theodor Wimmer, Graduated Engineer, MA in Landscape Planning, Landscape Planner at freiland Environmental Consulting CE Ltd.; 63 Liechtensteinstraße, A-1090 Wien, tel.: +43 1 310 79 70-18

E-mail: wimmer@freiland.at

Maria-Bernadette Thurner, MA in Ecology/Environmental Biology, BA in Biology, Ecologist at freiland Environmental Consulting CE Ltd.; 63 Liechtensteinstraße, A-1090 Wien, tel.: +43 1 310 79 70-16

E-mail: thurner@freiland.at

Uschi Dorau, MA in Landscape Planning, Landscape Planner at freiland Environmental Consulting CE Ltd.; 63 Liechtensteinstraße, A-1090 Wien, tel.: +43 1 310 79 70-22

E-mail: dorau@freiland.at

Heimo Frisch, MA in Landscape Planning, Landscape Planner at freiland Environmental Consulting CE Ltd.; 63 Liechtensteinstraße, A-1090 Wien, tel.: +43 1 310 79 70-23

E-mail: frisch@freiland.at

Oliver Rathschüler, Graduated Engineer, MA in Landscape Planning, Managing Director and Engineering Consultant at freiland Environmental Consulting CE Ltd.; 63 Liechtensteinstraße, A-1090 Wien, tel.: +43 1 310 79 70

E-mail: o.rathschueler@freiland.at

Abstract

Growing urbanization poses an enormous challenge to city planners. Noticeable effects of the increased population density in cities include housing shortages, rising real estate prices, increased traffic, air pollution, shortages of green spaces and attractive public spaces, the rising cost of urban infrastructure and the risk of social tensions. Especially in dense urban areas, public open spaces (squares and streets, urban parks and spacious recreational areas) have become increasingly important. Their design, functionality and the adaption to the needs of the residents significantly influences the quality and atmosphere of urban coexistence. The consideration of quality criteria is essential for the creation of sustainable, livable and smart open spaces. Modern approaches to sustainable planning in urban areas and the versatile aspects of state-of-the-art open space design are the core themes of this article. General aspects of landscape planning in Austria and selected best practice projects in the context of urban development are presented.

This article gives an overview of open space planning in Austria. To be successful, projects must consider the specific needs of city districts, which requires tailor-made approaches and an interdisciplinary planning team. To be accepted and adequately used by the public, projects must be based on a detailed analyses of the spatial, natural and social conditions.

Takeaway for practice: The complex and diverse challenges of open space planning in Austrian cities can be seen as representative for other cities, as certain urban trends occur (in slightly altered dimensions) all over Europe or on an even bigger scale. Selected best practice urban planning projects, which have been realized by freiland Environmental Consulting CE Ltd, based on state-of-the-art principles, demonstrate modern planning approaches to tackling these challenges.

Key words: open space planning; urban development; quality criteria; landscape architecture; resource-efficient planning; stakeholder integration; urban planning instruments

Citation: Wimmer T., Thurner M., Dorau U., Frisch H., Rathschüler O. (2018) High Quality Open Spaces in Urban Development – Selected Examples From Graz, Austria. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 69–98. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201869-98>

Introduction

The challenges of open space planning in European cities are complex and diverse. Forecasts state that the population in cities will continue to rise steadily, driven by ongoing migration into urban areas. The degree of urbanization, measured by the share of city dwellers of the total population, was just under 66% in Austria (in 2016) and the EU average was 75% [Statistik Austria, 2017]. Noticeable effects of the increased population density in cities include housing shortages, rising real estate prices, increased traffic and air pollution, shortages of green spaces and attractive public spaces, the rising costs of urban infrastructure and the risk of social tensions [Hammerl, Berkhout, Oswald, 2016].

In increasingly dense urban areas, the importance of open spaces (squares and streets, urban parks and spacious recreational areas) is growing. How they are shaped, how they function and how they meet the diverse needs of residents, significantly influences the quality and atmosphere of urban coexistence. Open spaces are important places of encounter and interaction, but also of leisure and recreation. Improving the quality of life in cities means creating new recreational areas, but also providing high-quality green and open spaces in the immediate living environment of residents.

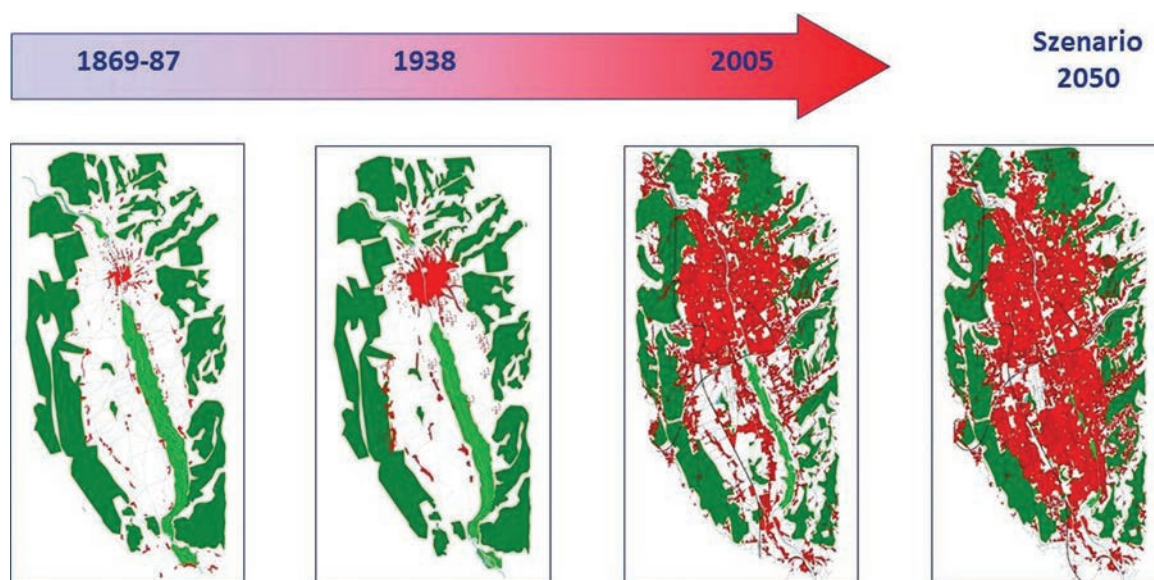


Fig. 1. Density of residential areas (red) and green spaces in Graz

Source: [freiland CE Ltd., spaceunit Network, 2005].

The consideration of quality criteria is essential for the creation of sustainable, livable and intelligent open spaces. The participation and cooperation of all stakeholders (authorities, planners, property developers, residents) creates and ensures the quality of open spaces, also contributing to more efficient development. Modern, smart planning concepts must meet today's requirements and therefore be constantly adapted and monitored.

The following principles are of particular importance in modern open space planning:

- The creation of high-quality open spaces
- Sustainable planning for all ages and social classes
- Safeguarding and linking green spaces
- Sustainable mobility
- Stakeholder participation and governance
- The lowest possible resource consumption, low emissions

Landscape planning and open space planning are key disciplines in the planning of urban open spaces. freiland Environmental Consulting CE Ltd. is strongly involved in urban planning in Graz, Austria. The focus of freiland's expertise lies in the field of ecological planning, thus the work is based on a detailed analyses of spatial, natural and social conditions. It is indispensable to con-

stantly adapt to changing conditions in the fields of landscape, urban and regional planning and to establish modern planning approaches. freiland's approach to creating the highest possible quality of open spaces while meeting the targets of resource-efficiency, has been applied successfully in many urban development projects in recent years.

Core Themes and the Structure of the Article

The versatile aspects of state-of-the-art open space planning are the core themes of this article, with in depth discussion of the following four topics:

- The definition of the qualities of open spaces
- Safeguarding green spaces
- Urban mobility
- Stakeholder participation

The article is structured in three parts. The first part includes an introduction to the general aspects of landscape planning in Austria, outlining federal regulations, responsibilities and jurisdiction and providing an overview of applied planning instruments.

The theoretical framework of modern open space planning in the context of urban development is discussed in the second part.

Selected best practice urban planning projects, which have been realized based on these principles and integrated into local contexts, are presented in the final part. The planning approach for all projects is based on detailed analyses of spatial, natural and social conditions in order to establish resource-saving infrastructure while meeting the target of creating the highest possible quality of open spaces.

All projects are located in Graz, Austria's second largest city and have been realized in cooperation with freiland.

Open Space and Landscape Planning in Austria

In Austria, landscape architecture is regarded as a technical-scientific and aesthetic-creative discipline that seeks to reconcile socio-cultural, ecological and economic goals. The job description is diverse, ranging from planning and design, through process-accompanying and oversight activities. It also includes conceptual and theoretical engagement with the landscape and land-use interests [ÖGLA, 2018].

Responsibilities and Jurisdiction

In Austria, landscape planning matters are dealt with by federal states, including the regulation of the legal framework, although the specifications of the authority's responsibilities are not included. The Environmental Protection Act, the Spatial Planning Act, the Nature Conservation Act and the National Park Act are the most important legal bases of landscape planning. Higher level state laws are the Environmental Impact Assessment Act and EU guidelines.

Diverging federal state laws mean that landscape planning is dealt with differently in each federal state in terms of planning procedures, responsibilities and implementation — thus tasks, scale and planning depths vary to a certain degree. In general, landscape planning is part of other planning tools and categories (e.g. spatial planning, development or land use plans of different planning bodies).

The *Landscape Program* is a strategic planning instrument for landscape planning at the supra-regional level, whereas the federal state acts as the planning authority. It regulates and establishes the requirements and measures of nature conservation and landscape management. Further, it depicts them in consistent and nationwide maps.

Map scale: 1:200.000 — 1:100.000

The *Federal State Development Program* is a spatial planning instrument used at the supra-regional planning level. The federal state acts as the planning authority. It sets specific spatial planning principles and objectives and outlines long-term development goals. It further lists regions for the elaboration of regional development programs, including guiding principles for spatial development concepts and plans.

Map scale: 1:200.000 — 1:100.000.

Regional Development Programs are legislative decrees of the federal state government. They enable favorable spatial and functional developments in each planning region in accordance with spatial legislation. The main aspects of the Regional Development Programs are the specification of supra-regional development goals, the documentation of public interest, the allocation of financial resources and guidelines for municipal spatial planning [Land Steiermark, 2018].

Map scale: 100.000 – 1:50.000

The *Landscape Framework Plan* implements landscape planning objectives at the regional level. It provides guidance to measure and assess existing protected goods, for either the entire federal state or specific regions. Planning authorities are the federal state and regional associations. The basis of the Landscape Framework Plan is the federal nature conservation law [Land Steiermark, 1976].

Map scale: 1:50.000 – 1:25.000

The *Landscape Plan* is the main instrument of landscape planning at the level of cities and municipalities. The main aim of the Landscape Plan is to provide guidance for future settlement developments, the safeguarding of undeveloped corridors, and forest and nature conservation areas. The goals and principles of nature conservation and landscape management form the basis for the development of the Landscape Plan, which is continuously updated according to current developments.

Map scale: 1:15.000 – 10.000

Urban Landscape Planning

Amidst overall planning initiatives at European, national and regional level, attempts are being made to design cities according to modern planning principles. Improving the quality of life in cities means developing new recreational areas for leisure activities, but also providing high-quality green and open spaces within settlement areas and returning open spaces to residents.

Green and open space planning are indispensable elements of sustainable urban development and need be considered at the urban planning level. Safeguarding green infrastructure is a major task in the development of new districts. In urban planning competitions, in master plans and in the elaboration of zoning and development plans, these green and open spaces are key elements. In Austria, various planning instruments regulate the design of cities locally.

The *Urban Development Plan* is binding for urban policy and administration. It serves as the basis for all future decisions concerning the spatial development of the city. Numerous measures to be implemented by the municipal administration, the districts and other private and public actors, are specified in the plan. It further outlines the requirements of other bodies and entities that are crucial for the achievement of the goals set.

Furthermore, the plans define the guiding principles and concepts of specific initiatives, for example, multimodal mobility, integrated spatial energy planning or the “greening” of a densely built-up urban area. The contents serve as the basis for further specific guidelines, urban planning concepts, master plans, and zoning and development plans.

Open Space Concepts provide general statements about the natural conditions in the community and contribute to the reduction of land use conflicts. These concepts are the basis for decisions in terms of community development, both for better reasoning in land use planning (e.g. priority zones, no-go zones) and for specific planning projects.

A *Master Plan* provides strategic development goals for the medium-term and is usually drawn up in close collaboration with the residents. Due to their legal informality master plans vary in terms of content. A master plan for the development of a district or a residential building area is usually the result of an urban design competition, it defines construction zones and open spaces, determines the functions and qualities of the green and recreational areas and sets implementation timeframes.

Master plans form the basis for legally binding zoning and building development plans or even urban development contracts. For large-scale projects they define the strategic environmental assessment requirements and clarify the spatial compatibility.

The *Zoning Plan* is legally binding and determines how areas are to be used during a specific planning period to achieve the development goals of the community, which are defined within Development Concepts.

Map scale: 1:5.000.

The *Building Development Plan* specifies how the designated building areas are to be developed. It regulates the spatial distribution and design of built-up areas and open or green spaces, and the type and extent of these elements.

Map scale: 1:1.000

Quality Criteria and Key Aspects in Open Space Planning

Defining the Quality of Open Spaces

Open spaces in an urban context are undeveloped areas, regardless of whether they are sealed, unsealed or landscaped. Although the term 'open space' includes green space structures, it is often referred to as green and open spaces to emphasize the importance of greenery in urban areas [Magistrat der Stadt Wien, 2015].

The quality and atmosphere of urban coexistence is significantly influenced by how open spaces are shaped, how they fulfill functions and how they meet the diverse needs of urban residents. Future population development will pose new challenges to open spaces due to changing and diversifying demands. Coping with those challenges requires tailor-made approaches. In central urban areas the adaptation of public spaces to meet diverging requirements will be the main challenge. On the other hand, new neighborhoods will need to provide sufficient open space to enable the vitality and urban diversity characteristic of well-organized city districts.

According to the principle of sustainable planning, the valuable is to be conserved, the tired is to be renewed and the outdated is to be transformed. Furthermore, measures need to be taken to strengthen equity and social balance. Especially for children and the elderly, recreational areas, such as small parks and attractively designed public spaces, are of utmost importance. They form the basis for social coexistence within the district and are important in enabling elderly people to live an active and self-determined life in their own district for as long as possible.

Urban areas are characterized by being highly built-up and having a wide variety of services (e.g. infrastructure, workspaces, housing, cultural and leisure facilities). In terms of open spaces, the demands of their utilization are highly variable depending on the user group. As a result, urban open spaces also have an increased need for maintenance.

Planning instruments



Fig. 2. Planning instruments in Austria

Source: [freiland CE Ltd.].

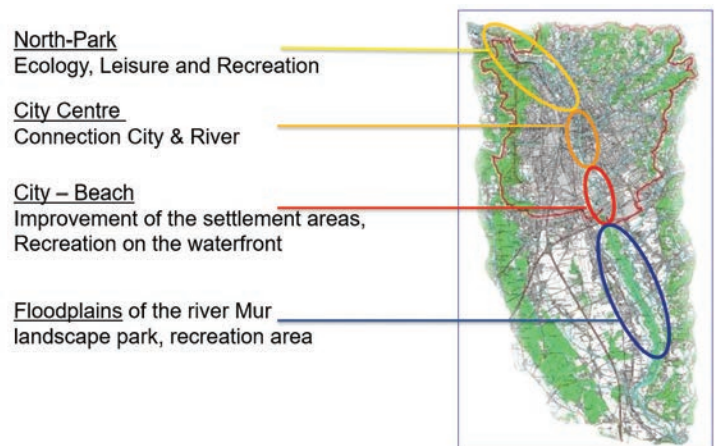


Fig. 3. Masterplan "Lebmur", defining functions and qualities of river stretches and their surroundings

Source: [freiland CE Ltd., spaceunit Network, 2005].

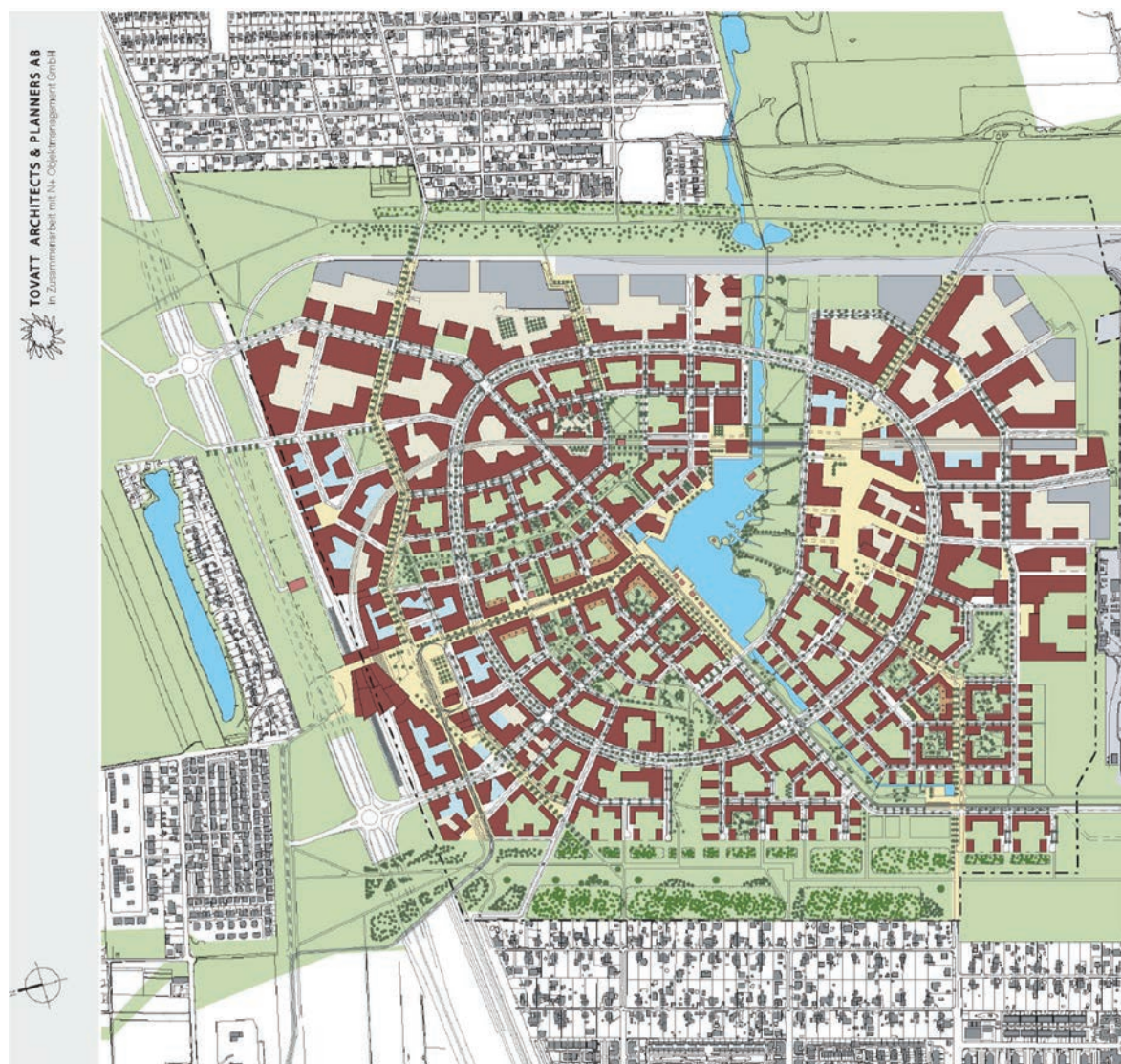


Fig. 4. Green and blue infrastructure in the city development area Aspern, Vienna; Master plan Aspern – “The Lake-city of Vienna”

Source: [Team Tovatt Architects & Planners AB, 2005].

The various open spaces within a city, including streets, squares, parks and green spaces, are defined as the public space which enables social interaction for all residents. As cities become more anonymous, this informal, social platform is of particular importance. Open space planning differentiates between residential areas, neighborhoods and higher-level open spaces. Their required size and accessibility increase (towards higher-level spaces). User pressure and maintenance requirements decrease with the size of the open space. Extensive “natural” recreational areas or parks therefore always require a certain minimum size (e.g. Donauinsel in Vienna, English Garden in Munich, Central Park in New York). Small extensive succession areas in densely built-up areas quickly become crowded, dirty, unhygienic and not very desirable for residents.

Especially for densely populated districts with small open spaces, thoughtful design and flexibility are required to meet the demands of diverse user groups. A mixture of public, semi-public and private open spaces in residential areas enables the creation of identity and contributes to the avoidance of conflict.



Fig. 5. Multifunctional open space structures in residential areas

Source: [freiland CE Ltd.].

The responsibility for care and maintenance also plays a role here, which brings more social control and thus eases the burden on the public. While for streets, maintenance is clearly the responsibility of the city administration, the situation is quite different in districts' living environment. One's privacy might be extended to a (semi)public space and undefined extensive areas are appropriated and subjected to intensive use. This creates individual responsibility, independence and connectedness with the neighborhood. A mix of open space characteristics in heterogeneous neighborhoods with residential, work and leisure facilities contributes to the satisfaction of everyone's daily needs and increases the satisfaction of the inhabitants. The aim should be to make the urban environment livable and thereby reducing the need to regularly escape from the city and its negative concomitants (e.g. traffic, sprawling peripheries, commuter communities, shopping centers). The availability of a diverse, green, and vibrant urban environment counteracts the need to escape and provides residents with a livable environment.

In order to meet the requirements of a dynamically growing city, the parameters for green space availability contribute to quality assurance [Magistrat der Stadt Wien, 2015]. They include both minimum sizes and catchment areas. Quality in residential open spaces is defined by the following criteria [Stadt Graz, 2018]:

- Good accessibility and connectivity
- Barrier-free accessibility
- The consideration of all user groups
- Open spaces relating to the residential area/housing characteristics
- Sophisticated conception and choice of materials
- Multifunctionality, flexible usage
- Functional open design and clearly defined functions
- High quality open design
- Appropriate facilities
- High quality technical detailed design
- High recreational value
- High ecological value, climate protection
- High quality maintenance



Fig. 6. High Quality Design in public spaces, Eduard-Wallnöfer Platz, Innsbruck

Source: [freiland CE Ltd.].

These qualities are achieved through conscious design and the staging of the open space. This includes important structural-aesthetic aspects, the organization of the open space and its functionality.

During planning stages, the formulation of the minimum requirements ensures the quality of the project. Binding regulations, such as the requirements of building regulations, e.g. design concepts for green and open spaces and a clear commitment from the developers is beneficial for the conception of urban open spaces.

Ensuring Green Spaces – Promoting Green Axes

Green spaces in the city, such as large recreational areas, parks and green alleys in dense areas, are essential in defining urban quality of life and provide the basis for sustainable urban (population) growth.

Safeguarding urban green areas is an essential aspect of open space planning. Not only is sufficient green space essential for recreational value, but especially in the context of the regulation of the urban climate, including air quality. It is also necessary to assign high priority to this. Against the background of climate change and the conservation of resources, it is necessary to secure and to create, new urban green areas.

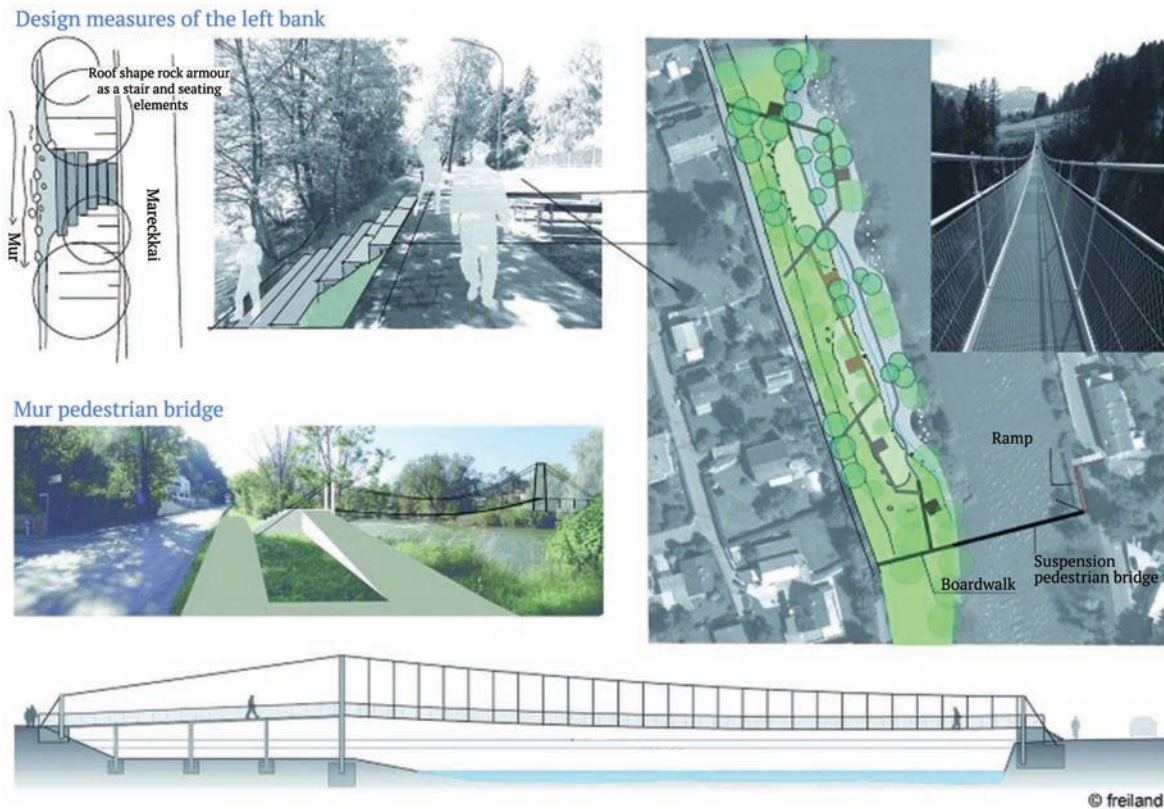


Fig. 7. Design goals and nature preservation along the river Mur, Masterplan Mur Leoben

Source: [freiland CE Ltd., 2016].

Green areas and river landscapes play key roles as green corridors in cities. The potential of rivers as linear axes through dense urban landscapes has special importance as they represent the green lungs of cities. They fulfill essential functions for the urban climate such as cooling, dust filtering and increasing the humidity, and they play a fundamental role in the water balance. Additionally, they represent important habitats for numerous animal and plant species.

Along city borders large forests or meadows have the potential to serve as recreation areas for the urban population, but they are also of great ecological importance. Cities form large landscape units within their surrounding areas, which is why regional cooperation is key. Persevering and linking those areas is particularly important in the context of compensating for habitat loss of flora and fauna. Further dissection of green areas (e.g. by intensive farming or new infrastructure) should be avoided, while the permeability of those structures has to be secured. By small interventions connections can be established in green axes and corridors.

With the motto “a green city instead of air conditioning” many cities today see climate protection and climate adaptation as an integral part in their development strategies. This starts by promoting the self-organization of Urban Gardening Communities and continues with the activation of small free spaces and Public-Private Partnership models.

To provide the necessary climate change adaptation measures in dense urban areas, unconventional forms of greening should be used and the conservation of resources and innovative approaches should be promoted. For example, the greening of roofs and facades can be used in the city.

Specific targets, such as the reduction of CO₂ consumption per capita, require solutions that are also found in green and open space planning. For example, water is used as an urban development tool in new urban developments such as in the urban development project Seestadt Aspern in Vienna. The linking of the blue and green infrastructure with “water landscapes” has great potential.

Future urban growth must be accompanied by a quantitative and qualitative increase in green spaces. The focus should be on the interests of the general public, rather than on individual or group

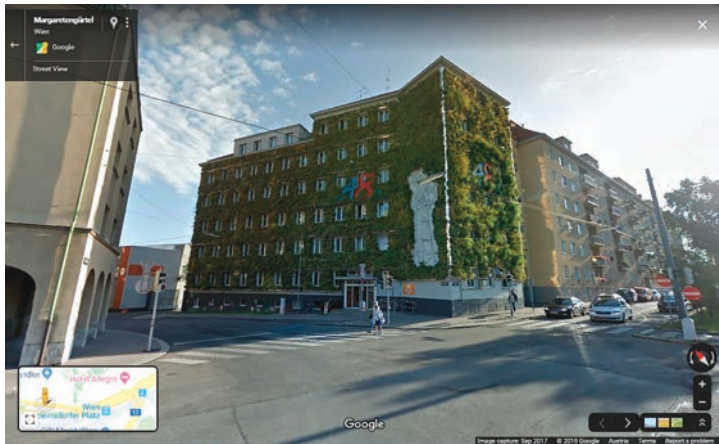


Foto © 2018 Google LLC, used with permission.
Google and the Google logo are registered trademarks of Google LLC.

Fig. 8. Green facade in dense urban area; Vienna Austria

mote the recreational value and the greening of urban areas also in “problem” areas [*architekturbüro Halle1, 2008*].

The network of green and open spaces also contributes to significantly increasing the share of non-motorized urban traffic. Therefore, efforts to establish an attractive network of trails to connect green spaces and recreational areas should be increased [*Rathschüler, Raderbauer, 2012*].

Urban development plans and concepts represent an essential instrument for the management of green spaces, as they include strategies and instruments for connecting and securing green spaces.

Urban Mobility in Transition

Urban mobility patterns and needs are constantly changing and diversifying. The prevailing growth of the urban population and the subsequent traffic requires constant adjustment. Generally, more flexible working conditions are on the rise, while traditional working patterns decrease. Therefore, public transport is in high demand even during off-peak hours. While the mobility of the 60+ generation increases, the growing labour market participation of women changes their mobility behavior. As living in suburban or rural areas and working in the city increases, commuter flows are growing. Therefore regional relationships between cities and their surroundings must intensify, especially with regard to public transport. The general attitude towards the car as a status symbol is changing and the role of public traffic is of increased importance. The enhancement of public transport is additionally boosted by new technologies that provide real-time information and reduce waiting times.

In urban areas with a well-developed public transport network, the share of motorized private transport is declining. In Vienna, for example, 39% of all journeys are made using public transport, making Vienna one of the international leaders [*Magistrat der Stadt Wien, 2014, p. 102*]. Especially in urban areas, cycling and the combined use of different modes of transport are on the rise. This development requires optimized interaction between different types of traffic.

Modern mobility concepts should be ecologically compatible, economically viable and socially fair. New ways of mobility have the potential to massively contribute to the achievement of climate targets (e.g. the reduction of CO₂ emissions). Being socially fair refers to the idea that mobility should be possible for all, regardless of income and living conditions.

The key objective of mobility policies is to steadily increase the share of non-motorized traffic and to keep reducing the proportion of journeys by car. Not only adjustments in the transport system are necessary, but also the redesign of streets and open spaces. In urban areas, it is important to establish a dense and attractive pedestrian and cycle network for short distance travel within the city. Based on the network of green and open spaces and the bicycle and footpath system, a new infrastructure of urban mobility is being created. This applies equally to the urban development and the dense urban areas.

interests. In the development of the Urban Development Concept Graz (Stadtentwicklungskonzept Graz), a minimum area of public open space per inhabitant was determined depending on the respective district's present building structure [*Stadtplanung Graz, 2013a; 2013b, p. 41*]. The range of acceptable public spaces is defined between 3 m² (per capita, for a family house area) and 10 m² (in dense urban areas). With these values, the city of Graz has set high standards.

Interventions in urban spaces — for example tree planting, small parks, shaded seating areas and multifunctional open spaces — have the potential for upgrading districts and should not be reserved for exclusive residential areas, rather they should be applied in affordable-housing districts. In some Austrian cities such as Salzburg-Lehen attempts have been made to pro-

The design of street spaces plays an important role here as an increase in the quality of time spent and more space for a variety of uses make the space attractive and ensure increased adoption of public transport to these places. Multi-functional street spaces can take over network functions for green and open spaces, thereby contributing to the enhancement of biodiversity. Those multifunctional connections must be broad enough to allow non-motorized travel and recreational activities at the same time.

For urban development areas, tailor-made mobility management concepts need to be developed, enabling short and environmentally friendly routes. In planning, the principle of the economical use of limited spatial resources in the urban area is always followed.

So far in most cities the design of the street spaces insufficiently reflects changes in mobility behavior and the multifunctional potential of public spaces. On average, about 65% of roads are occupied by motorized traffic (parking included) [*Ibid.*, p. 103]. The changed priorities in urban mobility are not yet adequately reflected in street design. Urban planning has to consider sustainable planning and the urban mobility policy must also be conceived as an integral part of the urban climate protection strategy.

Stakeholder Participation – Governance

During planning, different interests need to be taken into account — especially when related to public space and financing. This can lead to conflicting goals, which complicates planning and the acceptance of newly designed open spaces. The design of densely built-up urban areas demands the coordination of the diverse user requirements regarding open spaces and their functions. Therefore sustainable urban development needs the participation of politicians and the city administration, planners, property developers/businesses and most importantly civil society. Civic engagement processes and stakeholder discourse are essential elements to keep up with social and economic transformation. The participation and cooperation of all stakeholders is deemed a decisive factor influencing the efficiency and quality of a development, meeting the demands and expectations of those involved. If used in the early planning stages and in a targeted manner, participation can lead to better, more sustainable long-term results. Qualified monitoring during the planning, implementation and maintenance stages is crucial.

Participation increases the acceptance and legitimacy of political decisions, strengthens social relationships, enhances horizons and contributes ideas and wishes for successful coexistence in growing cities [*Humboldt-Viadrina Governance Platform*, 2018].

Successful participation requires respect, communication, a willingness to learn and openness among all the involved parties. For planning, this often means a new understanding and new methods: it is no longer just about transparent communication about projects and decisions, but also about inclusion, especially when it comes to defining development goals. In growing cities in need of innovation, the challenge is to develop a dialogue that balances the interests of resident populations or companies with those in need of housing, offices or schools. The needs of less privileged or less represented groups need to be considered professionally [*Magistrat der Stadt Wien*, 2014, p. 30].

Cooperative procedures have the broadest possible stakeholder involvement. The required features are defined as early in the process as possible, securing quality which can be seen only late in the planning. A greater variety of planners and competences are involved than with conventional methods. The cooperative method deals with architectural landscape issues comparatively early in the planning process and results are binding. Cooperative procedures have resulted in positive effects on the quality of the open space of the project [*Detzlhöfer, Dessovic*, 2014, p. 11].

Summarizing, the following opportunities for planning can be derived from stakeholder participation (according to [*Schwan, Podann, Müller*, 2017, p. 8]):

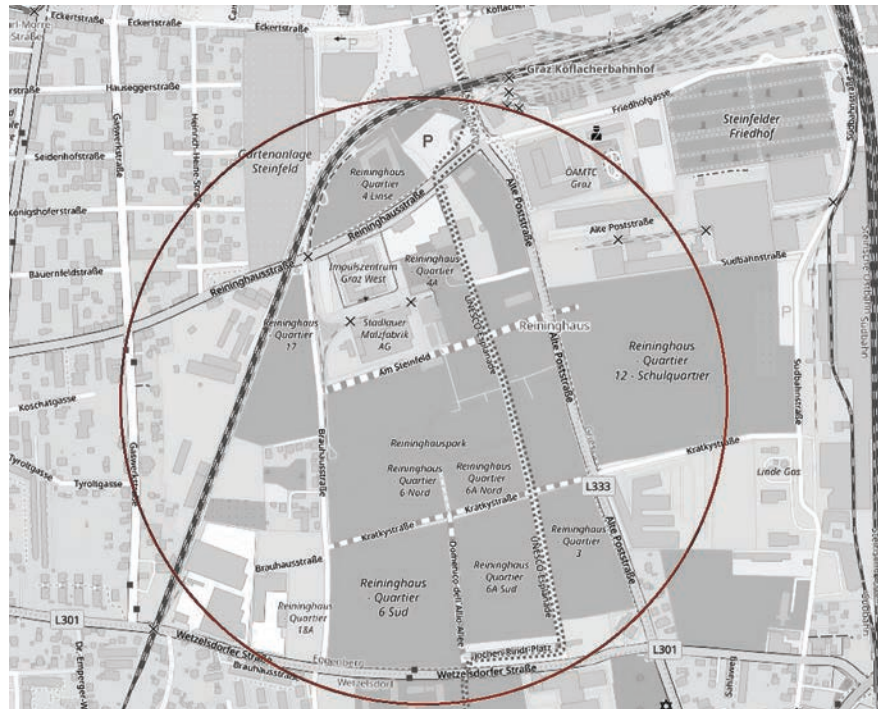
- Accessing hidden knowledge
- Transparency
- Planning according to needs
- Defusing potential conflicts
- Smoother implementation of construction projects
- Building trust
- Finding cross-system solutions
- Education and learning

Selected Projects

The planning process must be adapted to the actual conditions and functions of city quarters and to changing higher-level planning principles (as defined in planning instruments such as development concepts, master plans).

In Graz, freiland CE Ltd. was involved several projects to increase the quality of living spaces. All projects were committed to sustainable urban development and establishing multifunctional, high-quality open spaces in an urban context.

Urban Development Area Reininghaus



Leaflet | Bing, © 2019 Microsoft Corporation, © 2019 DigitalGlobe, © CNES (2019) Distribution Airbus DS

General data

Location: Graz South-West, former brewery
Project area: ca. 100 ha
Owner/client: City of Graz, Department of Urban Planning
Completion date: 2022
Planning instruments: Urban Framework plan Graz-Reininghaus, Verkehrskonzept ZIS-P

Planning priorities

- The sustainable reuse of a former industrial site, “brownfield reuse”
- Multifunctional, high-quality open spaces
- The development and networking of the subspaces in a hierarchy of ways
- Gentle mobility with priority for public, pedestrian and bicycle transport
- The consideration of all user groups
- Sustainable urban development, resource management

Short description

The industrial area of the former Reininghaus brewery, located 2 km from the city center, is one of the largest urban development areas in Graz. The mixed residential area will accommodate up to 20,000 inhabitants, forming a new city centre in the west of the city.

The master plan for the area [freiland CE Ltd., 2012b] follows the concept of a smart-city: establishing a high quality of urban life and efficient resource management through technological and

infrastructural smart grids. Attractive public spaces, open space facilities and social infrastructures are defined as prerequisites for the sustainable urban development of the district.

The traffic concept defines hubs as starting points for the development of individual subareas and envisages a step-by-step establishment of individual quarters.



Fig. 9. Old view on the Reininghaus brewery, City center of Graz in the background

Source: [freiland CE Ltd., Graz Town archive].



Fig. 10. Design goal for multifunctional open spaces

Source: [freiland CE Ltd., Hohensinn Architektur, 2017].

The backbone of the entire area is the 800 m long esplanade, providing access and connecting all the quarters. The axis connects the different quarters with their various types of buildings and open spaces, and links living, strolling and commercial areas. This central axis offers public spaces in several sections, one special feature is modular micro-open spaces. The esplanade also offers diverse uses for art, culture and leisure, and provides access to all quarters. A public traffic axis accompanies the entire esplanade as a central linear fast connection.

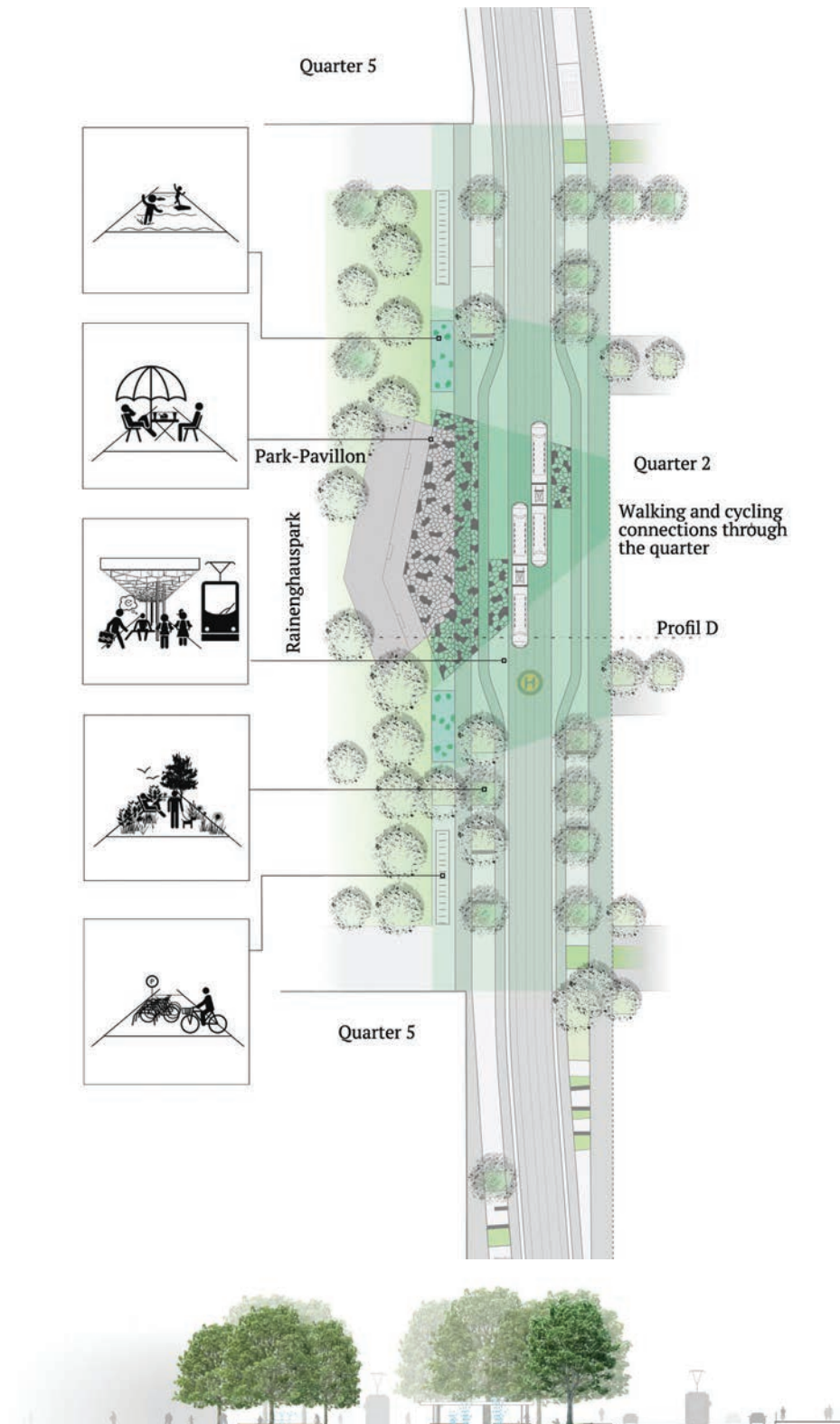
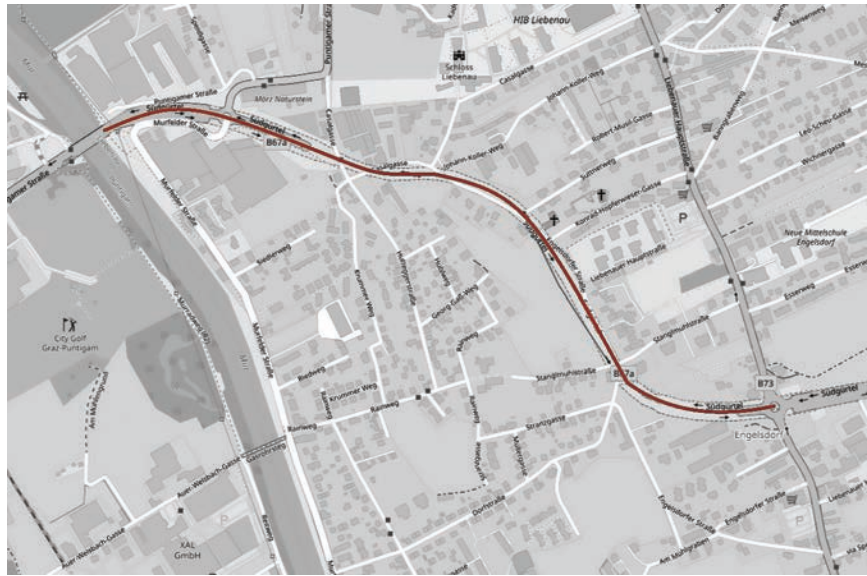


Fig. 11 . Central area of the esplanade with micro spaces of multifunctual design

Source: [freiland CE Ltd., 2017].

This open space design in Reininghaus allows the implementation of superordinate planning ideas (different usage claims, a mix of uses, social space design, individual urban spaces) by mixing small-scale open spaces, individual adaptations to the respective spatial situation and providing the basis for connecting the development of all the quarters.

Südgürtel – The Creation of Open Spaces for Traffic infrastructure



Leaflet | Bing, © 2019 Microsoft Corporation, © 2019 DigitalGlobe, © CNES (2019) Distribution Airbus DS

General data

Location:	Graz South, Liebenau
Project area:	ca. 6,3 ha, 1,7 ha park area
Owner/client:	Province of Styria — Department of Traffic and Landscaping
Teilauftrag:	City of Graz, Directorate of Urban Development, Department of Green Spaces and Water
Completion date:	2017
Planning instruments:	Design competition 2015 (with Arch. Reissner), Urban Development Plan Murfeld.

Planning priorities

- Enclosing traffic areas
- Creating green spaces
- New spaces for recreational and recreational use
- Improving the quality of living by creating open spaces
- Strengthening local identity
- Improving the urban ecology and climatic improvement

The project *Südgürtel* (Southern Belt) is a road construction project, closing the gap between two major roads in the south of Graz (region *Murfeld*). The project is 2 km long, consisting of a 1,4 km double-tube underground section. The *Südgürtel* significantly contributes to relieving the traffic around Graz, and the new infrastructure on top of the road section creates new public green and open spaces.

On the top of the underground section, a “green arc” was created through the *Murfeld*. The design planning pursued the goal of connecting existing and planned settlements by a new open space and establishing a network with existing open spaces, most of them constructed only in the past few years.

The open spaces were planned as extensive areas, scattered with intensively designed areas at significant points. The extensive green areas follow the typical natural elements of the region around Graz — thereby the green arc serves as a recreational area with high potential for a nature experience.



Fig. 12. Perspective view on the Südgürtel]

Source: [freiland CE Ltd., SRU Reissner].

The superordinate open space concept is characterized by several kinds sub-spaces:

- The south belt acts as an extensive area of greenery and fruit trees, characterized by different types of meadows and woodland areas with varying species.
- The south belt acts as an area of movement and interaction. Footpaths connect the eastern and western urban settlements. The main routes are attractive for pedestrians, wooden decks and benches invite people to linger.
- The park has a paved place in the main entrance area serving as a central meeting and resting place. Stairs for seating invite people to relax in this area.
- A central area for sports and other recreational activities forms the heart of the park. Here a one-of-a-kind climbing frame (*the CUBE*) is the central element and acts as an attractive, high-quality functional element in the design of the park.



Fig. 13. Central park area with the CUBE

Source: [Picture freiland CE Ltd.].

Smart City Waagner Biro



General data

Location:	Graz West, proximity to railway station, former industrial quarter
Project area:	ca. 6,5 ha
Owner/client:	City of Graz, Directorate of Urban Development
Completion date:	ongoing construction
Planning instruments:	Competition 2016 (with Hohensinn Architektur), Framework Plan Waagner-Biro

Planning priorities

- Linking with neighboring sites
- Implementing an “inverse mobility hierarchy” — a mobility network prioritizing pedestrians and cyclists
- A mix of social and functional aspects
- Establishing sunlight and shading in summer and winter
- Enabling temporary uses
- Creating spatial identities and character

Description

The design concept of the Smart City is characterized by a corporate design described by the uniform coloring of numerous objects and structures. Elements of urban furniture such as seating and lighting, bus stops and play areas are connected in this way. Bright, open, accessible spaces convey security and clarity. Around important road crossings and at bus stops colored tapes are used to show directions for pedestrians and to slow motorized traffic. Linking public transport with car sharing, bicycle parking and taxi services ensures that future mobility needs are fully covered.

Different types of open spaces can be found in the central park area: to the east and west calm places prevail while the western square is embedded in a birch grove.

In the central part there is a ramp designed as a special, multifunctional spiral. It represents a striking architectural element as that connects the new district with the urban area as a footbridge and cycle path connection. The support structure is made of a steel structure, which is partially covered by climbing plants, preserving the transparent character of the construction. The overlay of the spiral is made of colored concrete.

The area has a multifunctional character and can also be used as stage. The center of the spiral is designed as an elevated water surface (“water table”) with a fountain. Between the two squares, are the movement and play areas of the park. These areas are deliberately kept open for use.

Following the spiral to the east, a broad axis of movement, separated into cycle and footpaths, runs through the entire park area, providing access to the western settlement areas.

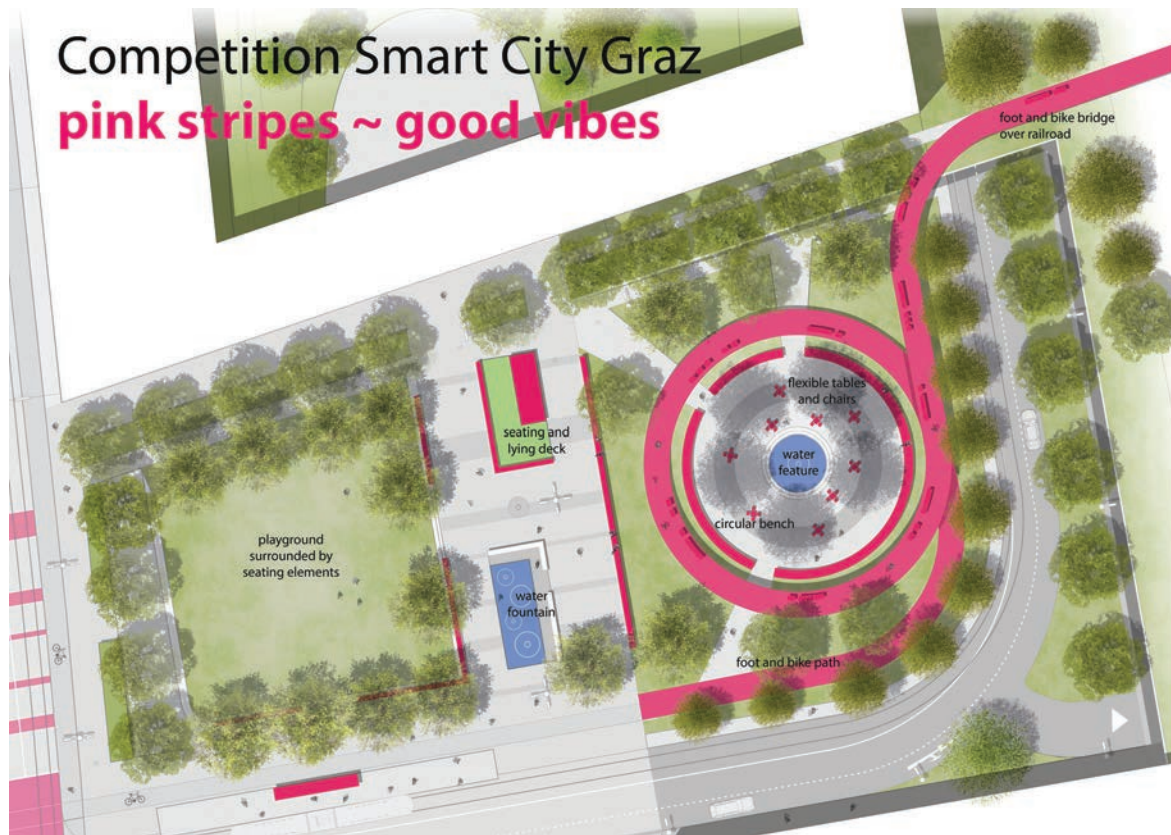


Fig. 14. Part of the layout plan for the Smart City Wagner-Biro

Source: [freiland CE Ltd., Hohensinn Architektur].



Fig. 15. Visualization for the Smart City Wagner-Biro

Source: [freiland CE Ltd., Hohensinn Architektur].

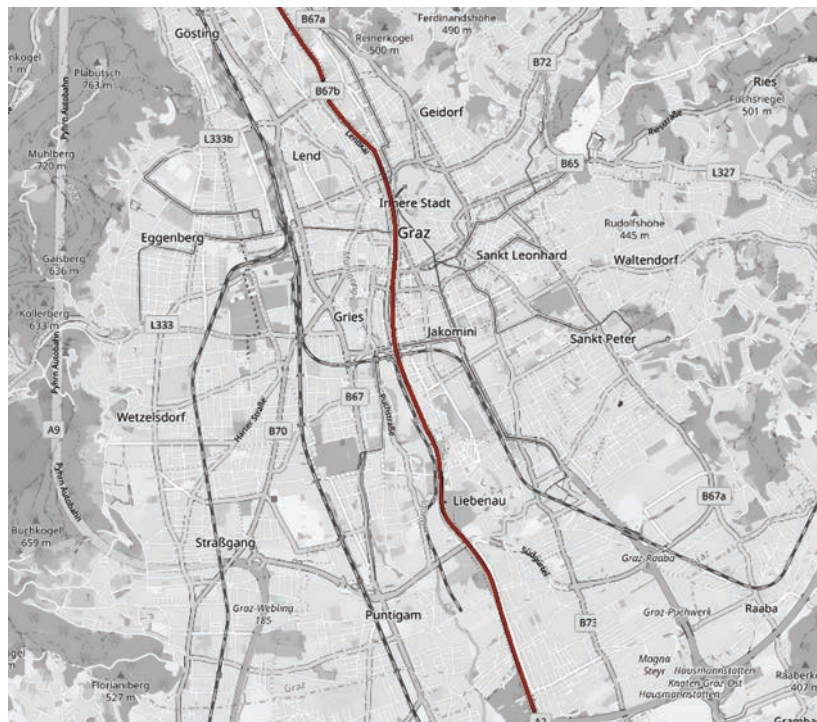
The public square and the parking areas of the existing event hall form a coherent space and are provided with a uniform surface. The parking lot remains unused for many days of the year as urban open space. The visual dominance of the parking area marking is abandoned. The linear structures of the parking spots are used as design elements and adopted for the entire space area. Along the parking area there are scattered resting and communication rooms.



Fig. 16. Scheme for the greening of the spiral

Source: [freiland CE Ltd., Hohensinn Architektur].

River Mur



Leaflet | Bing, © 2019 Microsoft Corporation, © 2019 DigitalGlobe, © CNES (2019) Distribution Airbus DS

General data

Location:	City of Graz and surroundings (north, south)
Project area:	appr. 10 km in length in the wider urban area
Owner/client:	City of Graz
Completion date:	2019
Planning instruments:	Konzept "Lebensraum Mur", Masterplan Mur Graz Süd, Masterplan Mur Graz Mitte, Kraftwerke Gössendorf und Puntigam

Planning priorities

- Connecting the city with the surrounding area
- An architectural, creative approach to the river
- Establishing the river landscape as a visual experience for the city and its inhabitants
- More space for leisure and recreation
- Strengthening the green axis
- Increasing the number of open spaces
- The movement axis serving as connection and activity route
- Ecological enhancement, securing animal and plant habitats

Description

The river Mur with its natural green riverbanks forms a central structure in Graz, dividing the city into different sections. The river's recreational potential is very high, but currently is only partially used due to the lack of strategic planning in the past. For the last 15 years increased efforts have been made to enhance the river's ecology and to upgrade the river's accessibility. As the Mur area will play a more important role for the inhabitants of Graz, measures and goals are defined in the city development concept [*Stadtplanung Graz, 2013a*] for securing and improving the Mur and its adjacent areas.

The Mur flows through numerous urban districts of heterogenic morphology. From the core area of the old town to the Wilhelminian quarters with predominantly residential and commercial buildings, through industrial areas and newer housing developments to agricultural land in the southern section. Many commercial settlements are situated adjacent to the river, so that leisure and recreation areas are usually confined to a narrow strip (often only a foot or bike path). Residential buildings usually face away from the river, whereas potentially valuable recreational areas along the river are used for unattractive commercial areas resulting in noticeably devalued riverbanks and thus significantly reducing the recreational value.



Fig. 17. Concept “Lebensraum Mur” promoting river-related development opportunities

Source: [freiland CE Ltd., spaceunit; 2005].

Against the background of a dynamically developing city, the river landscape in the urban area of Graz gains particular importance as a recreational axis and an area for leisure activities. This status will continue to increase in the coming decades. Under the theme *Lebensraum Mur — sustainable use, careful development, intensive experience and attractive design*, freiland has been dealing with various projects for the river basin in Graz for almost 15 years [freiland CE Ltd., spaceunit Network, 2005].

Since the Mur is in a very tight channel, the multiple use claims can only be increased on a qualitative level. As in many other European cities, Graz is initiating programs to upgrade the urban river landscape.

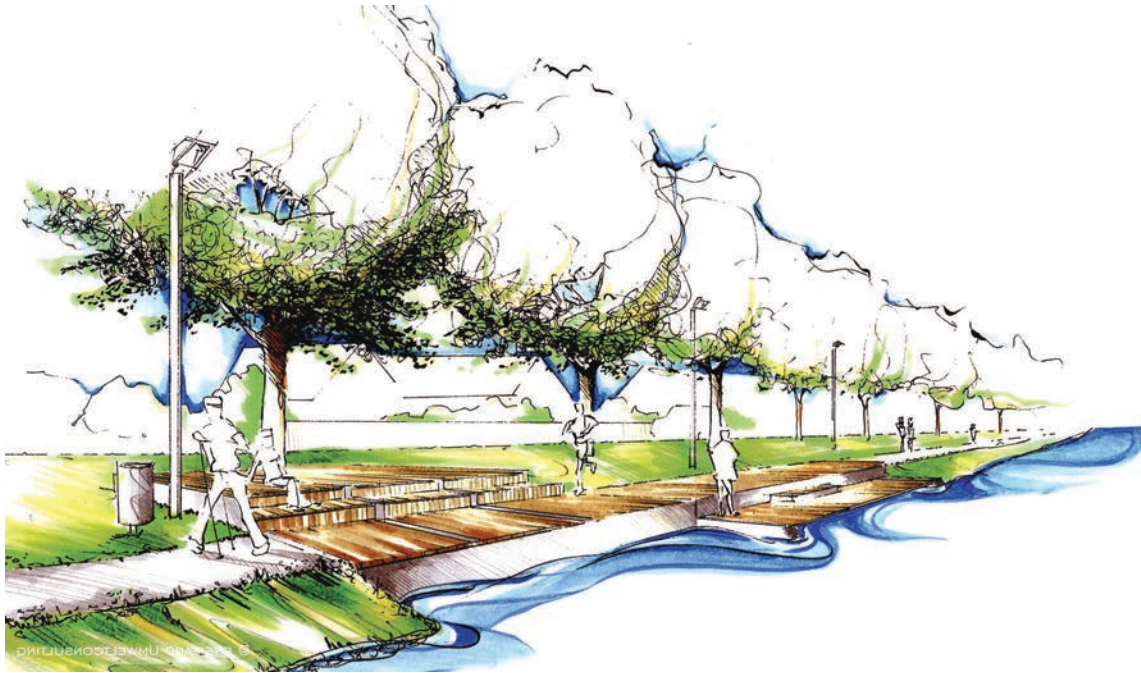


Fig. 18. Design scheme and implementation example for a functional river shore design with high recreational value

Source: [freiland CE Ltd.].

Freiland's "Lebensraum Mur" concept was used to initiate a continually optimized plan. Within the framework of this concept development possibilities and measures were developed. These contribute to the protection, the optical enhancement and the long-term ecological protection of the river area. Another focus is the protection and enhancement of the region for recreation and leisure activities. Two master plans were developed for specific river stretches (Masterplan Mur Graz Süd [freiland CE Ltd., 2012b] and Mur Graz Mitte [freiland CE Ltd., 2012a]) in which the concept was taken up again.

As the river Mur has the potential for hydropower, the masterplans have to align the potential for river enhancement with the construction of the Puntigam power plant.

This has large effects on the river morphology, resulting in a more stable runoff and an associated loss of significant valuable riverbank structures.

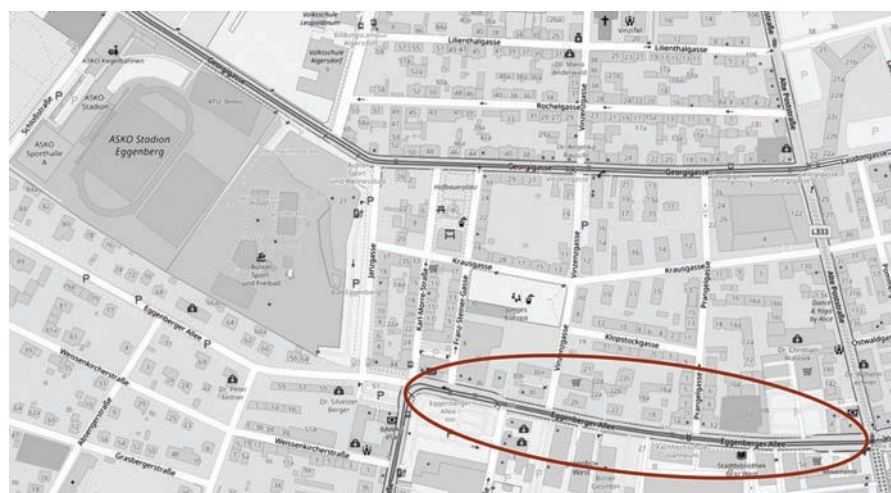
From the city's perspective, the Puntigam development creates opportunities for the appreciation of the Mur as a recreational and adventure space. To compensate for the hydropower plant's adverse impacts on aquatic habitats, extensive accompanying measures were required: to enhance shallow water zones in the river and develop its banks. The dam construction means the foot and bike paths along the river Mur are lost and must be restored, thereby opening up new possibilities for design and implementation.

With the Puntigam construction, the river water level will rise and although its natural characteristics are changed, it has the potential to become more visually appealing. Due to the homogenized water level and slower flow rate, measures along the river are easier to implement. For example dams are to be integrated creatively. It is also imperative to ensure the best possible restoration of the riparian vegetation and to maintain the networking function and the visual impact of the river. With regard to a more intensive use of the river by the population, the plans have to concentrate on recreational design. In this way, currently existing deficits in the green and open spaces can be improved.

The following measures improve the spatial orientation towards the river and its links to the surrounding areas:

- A revaluation of the riverbanks as an urban experience space.
- Living environment: improving the accessibility and use of the riverbanks; establishing an architectural, high quality free space design approach, preventing spaces of no added value for the public.
- Working environment: the creation of high quality relaxation areas along the river banks in proximity to workplaces for those on breaks.
- Settlement environment: connecting or opening the adjacent settlement-related recreation areas towards the river.
- Linking the river to central urban green spaces.
- Connecting the cycle path along the Mur with workplaces; the creation of linear network structures in adjacent business parks and development areas.
- The reduction of the separation effect of the river by the construction of additional east-west-facing foot and bicycle connections.

Eggenberg alley



Leaflet | Bing, © 2019 Microsoft Corporation, © 2019 DigitalGlobe, © CNES (2019) Distribution Airbus DS

General data

Location:	Graz West
Project area:	1,2 km length
Owner/client:	Holding Graz
Completion date:	2018

Planning priorities

- Listing Eggenberger Alley as a UNESCO World Heritage Site
- High priority for protecting alley trees
- Establishing modern solutions to make more space available for tree roots
- Applying the *Stockholm system*
- Tackling urban climate challenges by rainwater management
- Reducing the amount of sealed surfaces
- Attractive design of technical elements
- Infrastructural upgrading for pedestrians and cyclists

Description

Eggenberger Alley constitutes the axis of the world heritage sites of the Old Ganz city center and the Eggenberg chateau (in the west of the city). The alley serves as an important traffic route, hence the functional design was mainly focused on motorized vehicle use. There is little space for trees due to the prevailing use of the public space; the existing trees were in bad condition and solutions had to be found to enhance the conditions of their habitat. This was used for a general facelift of the area, also in terms of creating more public space and safe traffic routes for non-motorized traffic.

In the course of the tramline renewal in the alley, the city administration decided to redesign the street space between Alte-Post-Straße and Karl-Morre-Straße. One important aspect is improving the tree habitat conditions to increase their life expectancy. In the future the tramline will include a green multifunction strip that will be installed. The pedestrian and cycle path will be improved, and a new space will be created in front of the technical college.

Some of the old trees were in good condition, others were severely impacted by the limitations regarding space, oxygen, water, and nutrients as well as having salt damage. Tree root growth depends on the prevailing spatial conditions – as they grow near sealed surfaces they often form one-sided root systems. These deficits should be remedied in the course of the renovation works by providing the necessary conditions according to the *Stockholm system*. The implementation is a pilot project to investigate whether the resource-efficient Stockholm System has the potential to be used on a broader scale.

The use of the Stockholm system creates generous root spaces, to enable healthy plant growth and to utilize rainwater. The application of this method can mitigate conflicts between the tree and the technical infrastructure. The optimization of tree sites with decentralized rainwater management in densely built-up areas represents a way of meaningfully combining apparently divergent requirements.

The function of the Stockholm system is based on layered structural soil in the substructure. Gravel (100–150mm) is compacted layer by layer and then covered with soil, which water under high pressure moves between the stones. This results in root-friendly pore volume (air, water) thereby improving the conditions for the roots. The installation of inlet shafts directly on the compacted soil serves to drain rainwater and an emergency overflow leads to the public canal. This allows rainwater to be used as an important resource (stormwater management).

In terms of sustainable urban development, it is necessary to develop ecologically and economically efficient adaptation measures regarding climate change, which in Austria primarily



Fig. 19. Reduced space for trees due to high traffic pressure

Source: [freiland CE Ltd.].

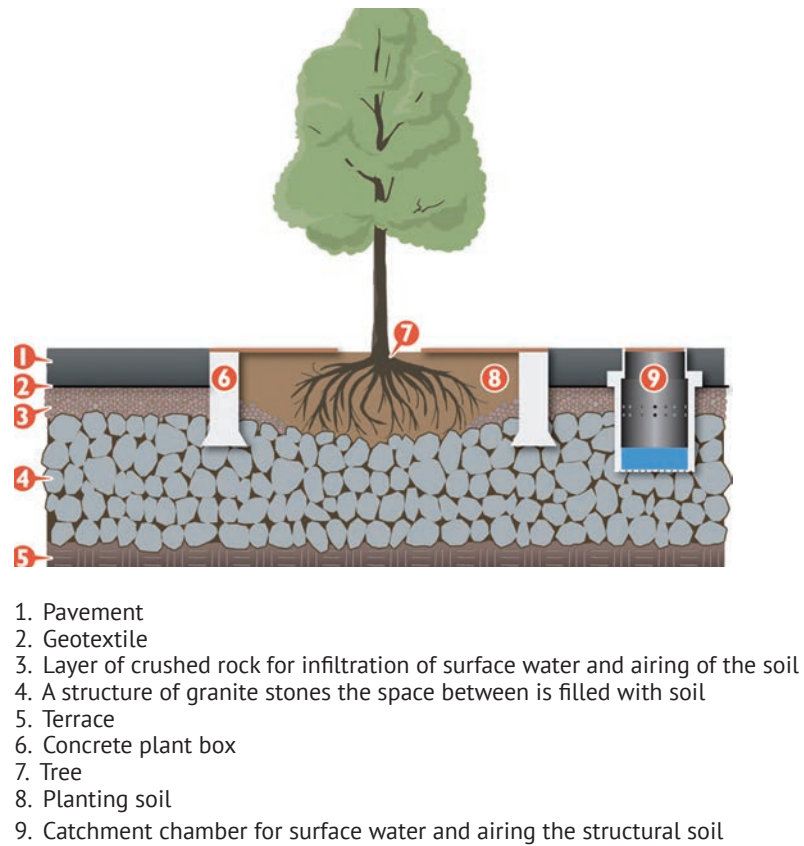


Fig. 20. Scheme Stockholm System

Source: [freiland CE Ltd., 2017].



Fig. 21. Visualization of the future alley

Source: [freiland, pixLab]

means adapting to more extreme conditions. Hot, dry summers with more extreme rainfall events require the rapid removal of surface water without overloading the waste water system.

The city of Graz aims to increase the implementation of this construction method in the future, so surface water discharges can be more efficiently used and controlled. With regard to resource-efficiency this method has positive impacts, both ecologically and economically. For example, demolition materials can be used as structural material. The use of the roof-waters from adjacent buildings and the water from walking and cycling paths is a further positive effect. The increased vitality of the trees reduces the overall conservation effort. Due to the much larger root area, less damage is likely to be caused to nearby infrastructure.

Conclusion

Today's most pressing challenges in urban areas are rising urbanization and population density, increased traffic and air pollution, the loss of green structures, changing mobility patterns, adaptation to climate change and the risk of social tensions.

Green and urban spaces have the potential to mitigate adverse developments. The importance of open spaces (squares and streets, urban parks and spacious recreational areas) is growing, especially in dense urban areas.

Attractive public infrastructure is a prerequisite for the sustainable urban development of districts. However, not all open space planning projects in the past have contributed to upgrading urban areas. In central urban areas the adaptation of public space to meet the diverging requirements of a mix of uses will be the main challenge. New neighborhoods will need to provide enough open spaces to enable the vitality and urban diversity that are characteristic of well-organized city districts.

The design and functionality and the adaption to the needs of the residents, significantly influence the quality and atmosphere of urban coexistence. The knowledge, consideration and use of quality criteria is essential to the creation of sustainable, livable and intelligent open spaces.

Derived from the quality criteria section in this article and from the selected projects, the following key aspects are recognized as prerequisites for successfully implementing green and open spaces:

- According to the principle of sustainable planning, the valuable is to be conserved, the tired is to be renewed and the outdated is to be transformed.
- The participation and cooperation of all stakeholders (authorities, planners, property developers, residents) creates and ensures the quality of free space, also contributing to more efficient development.
- Qualities are achieved through the conscious, high-quality design and staging of the open space. This includes important structural-aesthetic aspects, the organization of the open space and its (multi) functionality.
- In dense urban areas, the mix of small-scale open spaces can support the implementation of superordinate planning principles (different usage claims, a mix of uses, social space design, individual urban spaces). A mixture of public, semi-public and private open spaces enables the creation of identity and contributes to the avoidance of conflict.
- In urban areas it is important to establish a dense and attractive pedestrian and cycle network for short distance travel. The design of street spaces plays an important role, multifunctional connections allow a range of non-motorized movement and recreational activities at the same time. Thereby, new concepts for urban mobility are promoted.
- Against the background of climate change and the conservation of resources, it is not necessary only to secure and upgrade green zones — rivers landscapes also play key roles as green corridors in cities and programs will contribute to upgrade urban river landscapes.
- Resource efficiency should also be considered at the planning level. The Stockholm system helps to create generous root spaces for trees, enabling healthy plant growth and the efficient use of surface water discharge.

The integration of modern planning principles in binding regulations have proven beneficial for the conception of urban open spaces. Certain planning tools (Regional Development Programs, Urban Development Plans, Open Space Concepts, Master Plans) define spatial determinants (construction zones, open spaces, green belts), the functions and qualities of green and recreational areas, and timetables for the implementation of measures. In Austria, due to the range of federal

state laws, landscape planning is dealt with differently in each federal state in terms of planning procedures, responsibilities and implementation – thus the tasks, scale and planning depths vary to a certain degree.

The selected projects shown in this article, demonstrate freiland's successful approach towards open and green space planning. Establishing resource-saving technologies while creating the highest possible quality of open spaces considering all ages and social classes of potential users.

For future plans to be successful, it is indispensable to constantly adapt to the changing, complex and diverse conditions in urban surroundings, therefore concept and planning approaches have to be updated on a regular basis.

References

- architekturbüro HALLE 1 Neue Mitte Lehen: Ein neuer Stadtteil entsteht. (2008) Available at: <http://www.halle1.at/prj/123-1.html> (accessed 7 August 2018).
- Detzlhofer A., Dessovic S. (2014) Überprüfung der Freiraumqualitäten im Realisierungsprozess neuer Wiener Wohnquartiere: Gezeigt an den Beispielen Eurogate und Nordbahnhof (1. Bauphase).
- freiland CE Ltd. Masterplan Leoben. (2014) Available at: <http://www.freiland.at/de/menu109/projekte275/> (accessed 10.08.2018).
- freiland CE Ltd. Masterplan Mur Graz Mitte. (2012a) Available at: <http://www.freiland.at/de/menu108/projekte122/> (accessed 10 August 2018).
- freiland CE Ltd. Masterplan Mur Graz Süd. (2012b) Available at: <http://www.freiland.at/de/menu107/projekte116/> (accessed 10 August 2018).
- freiland CE Ltd., Hohensinn Architektur Graz-Reininghaus – Öffentlicher Raum. (2015) Available at: <http://www.freiland.at/de/menu45/projekte282/?highlight=true&unique=1533897157> (accessed 10 August 2018).
- freiland CE Ltd. (2005) spaceunit Network LEBMUR – Lebensraum Mur: Konzept zur Freizeit- und Erholungsnutzung.
- freiland CE Ltd. (2009) yverkehrsplanung, SRU Reissner Stadtentwicklungskonzept Murfeld.
- Hammerl B., Berkhout R., Oswald E. (2016) Open-Innovation- und Living-Lab-Ansätze in der Praxis der Stadtentwicklung – Herausforderungen, Dilemmas und Chancen // SMART ME UP! How to become and how to stay a Smart City, and does this improve quality of life? Proceedings of 21st International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society, s. 491–499.
- Humboldt-Viadrina Governance Platform Trialoge: Stadtentwicklung. (2018) Available at: <https://www.governance-platform.org/trialoge/stadtentwicklung/?cn-reloaded=1> (accessed 7 August 2018).
- Kleboth Lindinger Dollnig Rahmenplan Smart City Project Waagner-Biro. (2013) Available at: http://www.smartcitygraz.at/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/237_130626_Rahmenplan-Smart-City_Lageplan.pdf (accessed 10 August 2018).
- Land Steiermark Gesamte Rechtsvorschrift für Landesentwicklungsprogramm. (2018) Available at: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20000877> (accessed 2 August 2018).
- Land Steiermark Gesetz vom 30. (1976) Juni 1976 über den Schutz der Natur und die Pflege der Landschaft: Steiermärkisches Naturschutzgesetz. Available at: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20000835&FassungVom=2017-07-31> (accessed 2 August 2018).
- Magistrat der Stadt Wien STEP 2025: Fachkonzept Grün und Freiraum. (2015) Available at: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008438.pdf> (accessed 2 August 2018).
- Magistrat der Stadt Wien STEP 2025: Stadtentwicklungsplan Wien. (2014) Available at: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf> (accessed 7 August 2018).
- Magistrat der Stadt Wien Wien in Zahlen. (2017) Available at: <https://www.wien.info/media/files-b2b/wien-in-zahlen.pdf> (accessed 7 August 2018).
- ÖGLA – Österreichische Gesellschaft für Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur Was ist Landschaftsarchitektur? Available at: <http://www.oegla.at/landschaftsarchitektur> (accessed 7 August 2018).
- Rathschüler O., Raderbauer J. (2012) Landscape planning in Austria: Selected strategies and projects.
- Schwan G., Podann A., Müller M. (2017) Abschlussbericht der Trialogreihe Partizipation im Wohnungsbau. Available at: https://www.governance-platform.org/wp-content/uploads/2017/12/HVGP_Abschlussbericht_Partizipation-im-Wohnungsbau-4.pdf (accessed 7 August 2018).
- Stadt Graz Grünes Netz Graz. (2005) Available at: <http://www.stadtland.at/htm/projekte/grNetzGraz.htm> (accessed 2 August 2018).
- Stadt Graz Grünraumsicherung und Grünraum-Offensive. Available at: <https://www.graz.at/cms/beitrag/10257496/8029094/Gruenraumsiche>

- rung_und_Gruenraum_Offensive.html (accessed 07.08.2018).
- Stadt Graz Rahmenplan Graz-Reininghaus. (2010) Available at: https://www.graz.at/cms/beitrag/10136566/8119891/Rahmenplan_Graz_Reininghaus.html (accessed 10 August 2018).
- Statistik Austria Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Wien 2016-2100 laut Hauptszenario. (2017) Available at: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/027317.html (accessed 10 August 2018).
- Stadtplanung Graz 4.0 Stadtentwicklungskonzept Graz. (2013a) Available at: https://www.graz.at/cms/dokumente/10165681_7758015/baa5ce68/131115_STEK.pdf (accessed 10 August 2018).
- Stadtplanung Graz 4.0 Stadtentwicklungskonzept Graz: Vertiefende Betrachtungen. (2013b) Available at: https://www.graz.at/cms/dokumente/10165681_7758015/0bd4ba68/131128_Vertiefend.pdf (accessed 7 August 2018).
- Tovatt Architects & Planners AB Seestadt Aspern: The Lake Town of Vienna. (2005) Available at: <http://tovatt.com/projects/urban-design/wien/> (accessed 10 August 2018).
- ZIS+P Verkehrsplanung Verkehrsentwicklungskonzept Rahmenplan Verkehr Graz-Reininghaus. (2009) Available at: http://www.zis-p.at/zis_referenzen_projekte_detail_Reininghaus_01.html (accessed 10 August 2018).

Т. ВИММЕР, М.-Б. ТУРНЕР, И. ДОРАУ, Х. ФРИШ, О. РАТШУЛЕР

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ОТКРЫТЫЕ ПРОСТРАНСТВА В РАЗВИТИИ ГОРОДА:

ЛУЧШИЕ КЕЙСЫ ИЗ ГРАЦА (АВСТРИЯ)

Теодор Виммер, магистр ландшафтного планирования, ландшафтный планировщик в freiland Environmental Consulting CE Ltd.; Austria, 1090 Vienna, Liechtensteinstrasse, 63, тел.: +43 1 310 79 70-18

E-mail: wimmer@freiland.at

Мария-Бернадетт Турнер, магистр экологии/биологии, бакалавр биологии, эколог в freiland Environmental Consulting CE Ltd.; Austria, 1090 Vienna, Liechtensteinstrasse, 63, тел.: +43 1 310 79 70-16

E-mail: thurner@freiland.at

Иши Дорау, магистр ландшафтного планирования, ландшафтный планировщик в freiland Environmental Consulting CE Ltd.; Austria, 1090 Vienna, Liechtensteinstrasse, 63, тел.: +43 1 310 79 70-22

E-mail: dorau@freiland.at

Хаймо Фриш, магистр ландшафтного планирования, ландшафтный планировщик в freiland Environmental Consulting CE Ltd.; Austria, 1090 Vienna, Liechtensteinstrasse, 63, тел.: +43 1 310 79 70-23

E-mail: frisch@freiland.at

Оливер Ратшулер, дипломированный инженер, магистр ландшафтного планирования, управляющий директор и технический консультант в freiland Environmental Consulting CE Ltd.; Austria, 1090 Vienna, Liechtensteinstrasse, 63, тел.: +43 1 310 79 70

E-mail: o.rathschueler@freiland.at

Продолжающаяся урбанизация бросает вызов городским планировщикам. Последствия увеличивающейся плотности населения в городах — нехватка жилья, рост цен на недвижимость, увеличение трафика, загрязнение воздуха, недостаток зеленых территорий и привлекательных публичных пространств, рост стоимости на городскую инфраструктуру и риск социальной напряженности — становятся все более заметными. Значение открытых публичных пространств — площадей и улиц, городских парков и просторных зон отдыха — в этом контексте существенно возрастает, особенно в густонаселенных городских районах. Их дизайн, функциональное наполнение и адекватность запросу горожан влияют на качество и психологическую атмосферу в городе. Учет критериев качества имеет большое значение для создания устойчивых, умных и «живых» открытых пространств. Передовые подходы к устойчивому планированию городских районов и универсальные принципы создания современного дизайна открытых пространств являются основными темами данной статьи. В статье представлены общие аспекты ландшафтного планирования в Австрии и отдельные лучшие проекты в контексте городского развития.

Статья дает представление о подходах к проектированию открытых пространств в австрийском Граце. Чтобы стать успешными, проекты должны учитывать конкретные потребности городских округов, что требует индивидуальных подходов и междисциплинарной группы планирования. Чтобы проекты были приняты общественностью, они должны основываться на детальном анализе пространственных, природных и социальных условий.

Практическая польза: Сложные и разнообразные проблемы планирования открытых пространств в австрийских городах можно рассматривать как релевантные для других городов, поскольку аналогичные тенденции (в нескольких иных масштабах) характерны для всей Европы. Лучшие проекты планирования территорий, реализованные freiland Environmental Consulting CE Ltd., основаны на современных принципах планирования, демонстрируют актуальные подходы для решения обозначенных проблем.

Ключевые слова: открытые общественные пространства; городское развитие; критерии качества; ландшафтная архитектура; ресурсоэффективное планирование; интеграция стейкхолдеров; инструменты городского планирования.

Цитирование: Wimmer T., Thurner M., Dorau U., Frisch H., Rathschüler O. (2018) High Quality Open Spaces in Urban Development — Selected Examples From Graz, Austria. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 69–98. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201869-98>

Источники

- architekturbüro HALLE 1 Neue Mitte Lehen: Ein neuer Stadtteil entsteht. (2008) Режим доступа: <http://www.halle1.at/prj/123-1.html> (дата обращения: 07.08.2018).
- Detzlhofer A., Dessoovic S. (2014) Überprüfung der Freiraumqualitäten im Realisierungsprozess neuer Wiener Wohnquartiere: Gezeigt an den Beispielen Eurogate und Nordbahnhof (1. Bauphase).
- freiland CE Ltd. (2014) Masterplan Leoben. Режим доступа: <http://www.freiland.at/de/menu109/projekte275/> (дата обращения: 10.08.2018).
- freiland CE Ltd. (2012a) Masterplan Mur Graz Mitte. Режим доступа: <http://www.freiland.at/de/menu108/projekte122/> (дата обращения: 10.08.2018).
- freiland CE Ltd. (2012b) Masterplan Mur Graz Süd. Режим доступа: <http://www.freiland.at/de/menu107/projekte116/> (дата обращения: 10.08.2018).
- freiland CE Ltd. (2015) Hohensinn Architektur Graz-Reininghaus — Öffentlicher Raum. Режим доступа: <http://www.freiland.at/de/menu45/projekte282/?highlight=true&unique=1533897157> (дата обращения: 10.08.2018).
- freiland CE Ltd. (2005) spaceunit Network LEBMUR — Lebensraum Mur: Konzept zur Freizeit- und Erholungsnutzung.
- freiland CE Ltd. (2009) yverkehrsplanung, SRU Reissner Stadtentwicklungskonzept Murfeld.
- Hammerl B., Berkhout R., Oswald E. (2016) Open-Innovation- und Living-Lab-Ansätze in der Praxis der Stadtentwicklung — Herausforderungen, Dilemmas und Chancen // SMART ME UP! How to become and how to stay a Smart City, and does this improve quality of life? Proceedings of 21st International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society. S. 491–499.
- Humboldt-Viadrina Governance Platform Trialoge: Stadtentwicklung. (2018) Режим доступа: <https://www.governance-platform.org/trialoge/stadtentwicklung/?cn-reloaded=1> (дата обращения: 07.08.2018).
- Kleboth Lindinger Dollnig Rahmenplan Smart City Project Waagner-Biro. (2013) Режим доступа: http://www.smartcitygraz.at/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/237_130626_Rahmenplan-Smart-City_Lageplan.pdf (дата обращения: 10.08.2018).
- Land Steiermark Gesamte Rechtsvorschrift für Landesentwicklungsprogramm. (2018) Режим доступа: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20000877> (дата обращения: 02.08.2018).
- Land Steiermark Gesetz vom 30. (2016) Juni 1976 über den Schutz der Natur und die Pflege der Landschaft: Steiermärkisches Naturschutzgesetz. Режим доступа: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20000835&FassungVom=2017-07-31> (дата обращения: 02.08.2018).
- Magistrat der Stadt Wien STEP 2025: Fachkonzept Grün- und Freiraum. (2015) Режим доступа: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008438.pdf> (дата обращения: 02.08.2018).
- Magistrat der Stadt Wien STEP 2025: Stadtentwicklungsplan Wien. (2014) Режим доступа: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf> (дата обращения: 07.08.2018).
- Magistrat der Stadt Wien Wien in Zahlen. (2017) Available at: <https://www.wien.info/media/files-b2b/wien-in-zahlen.pdf> (дата обращения: 07.08.2018).
- ÖGLA — Österreichische Gesellschaft für Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur Was ist Landschaftsarchitektur? Режим доступа: <http://www.oegla.at/landschaftsarchitektur> (дата обращения: 07.08.2018).
- Rathschüler O., Raderbauer J. (2012) Landscape planning in Austria: Selected strategies and projects.
- Schwan G., Podann A., Müller M. (2017) Abschlussbericht der Trialogreihe Partizipation im Wohnungsbau. Режим доступа: https://www.governance-platform.org/wp-content/uploads/2017/12/HVGP_Abschlussbericht_Partizipation-im-Wohnungsbau-4.pdf (дата обращения: 07.08.2018).
- Stadt Graz Grünes Netz Graz. (2005) Режим доступа: <http://www.stadtland.at/htm/projekte/grNetzGraz.htm> (дата обращения: 07.08.2018).
- Stadt Graz Grünraumsicherung und Grünraum-Offensive. Режим доступа: https://www.graz.at/cms/beitrag/10257496/8029094/Gruenraumsicherung_und_Gruenraum_Offensive.html (дата обращения: 07.08.2018).
- Stadt Graz Rahmenplan Graz-Reininghaus. (2010) Режим доступа: https://www.graz.at/cms/beitrag/10136566/8119891/Rahmenplan_Graz_Reininghaus.html (дата обращения: 07.08.2018).
- Statistik Austria Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Wien 2016–2100 laut Hauptszenario. (2017) Режим доступа: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/027317.html (дата обращения: 07.08.2018).
- Stadtplanung Graz 4.0 Stadtentwicklungskonzept Graz. (2013a) Режим доступа: https://www.graz.at/cms/dokumente/10165681_7758015/baa5ce68/131115_STEK.pdf (дата обращения: 07.08.2018).

- Stadtplanung Graz 4.0 Stadtentwicklungskonzept Graz: Vertiefende Betrachtungen. (2013b) Режим доступа: https://www.graz.at/cms/dokumente/10165681_7758015/0bd4ba68/131128_Vertiefend.pdf (дата обращения: 07.08.2018).
- Tovatt Architects & Planners AB Seestadt Aspern: The Lake Town of Vienna. (2005) Режим доступа: <http://tovatt.com/projects/urban-design/wien/> (дата обращения: 10.08.2018).
- ZIS+P Verkehrsplanung Verkehrsentwicklungskonzept Rahmenplan Verkehr Graz-Reininghaus. (2009) Режим доступа http://www.zis-p.at/zis_referenzen_projekte_detail_Reininghaus_01.html (дата обращения: 10.08.2018).

Е.А. ТИМОФЕЕВА, Е.И. КАРАВАНОВА ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСКВЫ-РЕКИ

В РАЙОНЕ КУРЬЯНОВСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Тимофеева Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12.

E-mail: helentimofeeva@rambler.ru

Караванова Елизавета Ильинична, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12.

E-mail: karavanovaei@mail.ru

Жители городов потребляют воды на порядок и более больше, чем сельское население. Объем хозяйственно-бытовых стоков в реки городов за последние годы увеличился в несколько раз. Москва — крупный мегаполис, его нужды обслуживают несколько очистных сооружений, но основной объем сточных вод поступает в Москву-реку через Курьяновские очистные сооружения (КОС), этим и обусловлен выбор объекта нашего исследования. В статье дана оценка экологического состояния Москвы-реки в районе Курьяновских очистных сооружений по ряду показателей (рН, содержание основных макро- и микроэлементов, содержание фенолов и хлоридов). Сделаны выводы о возможности использования реки в данном районе для культурно-бытовых нужд, поскольку качество воды влияет на состояние здоровья городских жителей. КОС неоднозначно влияют на экологическое состояние Москвы-реки. В результате спуска очищенных сточных вод в реку содержание некоторых соединений снижается, что позволяет обеспечивать качество воды лучше, чем в Москве-реке по данным показателям, и можно говорить о благоприятном влиянии КОС на экологическую обстановку Москвы-реки вблизи от очистных сооружений. Содержание в Москве-реке ряда биогенных элементов и некоторых тяжелых металлов после КОС возрастает, но по ряду показателей наблюдаемые колебания сопоставимы с временным варьированием и не выходят за пределы ПДК для культурно-бытовых водоемов. Экологический мониторинг водных объектов — необходимая основа для управления качеством воды, поэтому рекомендуется продолжить дальнейшие наблюдения за качеством воды в районе КОС, что позволит своевременно спрогнозировать и выявить возможные негативные процессы изменения экологического состояния региона в целом.

Практическая польза: Недоочищенные сточные воды являются источниками экологической опасности для жителей городов, поскольку с недоочищенными сточными водами в реки поступает масса загрязняющих веществ. Использование Москвы-реки в рекреационных целях в районе КОС не представляет опасности для здоровья населения города, поскольку значения показателей не выходят за пределы нормативных значений для воды культурно-бытовых водоемов. Использование Москвы-реки в данном районе для рыбохозяйственных целей невозможно без дополнительной очистки до действующего уровня ПДК.

Ключевые слова: загрязнение вод; очистные сооружения; контроль качества вод

Цитирование: Тимофеева Е.А., Караванова Е.И. (2018) Оценка экологического состояния Москвы-реки в районе Курьяновских очистных сооружений // Городские исследования и практики. Т. 3. № 3. С. 99–110. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201899-110>

Введение

Одной из важнейших проблем гигиены окружающей среды в Российской Федерации является соответствие воды водоемов требованиям действующего законодательства и санитарных норм и правил. Особое внимание к состоянию водных ресурсов в ряде работ [Голубовская, 1978; Государственный доклад..., 2010; Козлов и др., 2013; О состоянии окружающей..., 2003] обусловлено тем, что любые нарушения в их составе означают одновременное воздействие на прилегающие почвы, развитие флоры и фауны, здоровье людей, использующих водоем для культурно-бытовых нужд. В соответствии со СНиП 2.04.03-85, городские жители потребляют более чем в 3 раза больше воды по сравнению с сельскими. Москва-река одна из немногих рек мира, у которых объем хозяйственных стоков за последние десятилетия увеличился примерно в 2 раза [Коронкевич, Мельник, 2017]. Эта проблема особенно актуальна, поскольку очищенные сточные воды формируют около 50% общего расхода Москвы-реки [Заикина, Плиева, Назаров, 2016].

Москва — огромный мегаполис, все хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды, поступающие в городскую систему канализации города, проходят полный цикл очистки на Курьяновских, Люберецких, Южнобутовских и Зеленоградских очистных сооружениях, что должно исключать сброс неочищенных сточных вод в природные водоемы. Недоочищенные сточные воды являются источниками экологической опасности для жителей городов, поскольку с недоочищенными сточными водами в реки поступает масса загрязняющих веществ. Среднесуточное количество сточных вод от 13 млн человек составляет 4,5 млн м³. Основной объем сточных вод поступает в Москву-реку через Курьяновские (КОС) и Люберецкие (ЛОС) очистные сооружения. Поэтому для нашего обследования были выбраны Курьяновские очистные сооружения.

Курьяновские очистные сооружения (КОС) — комплекс сооружений для очистки городских сточных вод, расположенных на юго-востоке Москвы, в левобережной пойме Москвы-реки, в микрорайоне Курьяново района Печатники (рис. 1). Живописность прилегающего прибрежного ландшафта, близость историко-архитектурного ансамбля музея-заповедника «Коломенское» и древнего Николо-Перервинского монастыря обязывают к безукоризненно-

му содержанию производственной территории и сооружений [Там же].

КОС — старейшие сооружения в системе московской канализации, их начали строить еще до Великой Отечественной войны, но были введены в эксплуатацию первые сооружения только после 1947 г., тогда пропускная способность станции аэрации была около 250 тыс. м³ в сутки. Сегодня КОС, так же как и ЛОС, — один из самых мощных в Европе природоохранных комплексов с проектной производительностью 3,125 млн м³ в сутки.

На КОС направляются стоки северо-западного, западного, южного, юго-восточного районов Москвы (60% территории города) и ряда городов и населенных пунктов Подмосковья. Из поступающего объема почти две трети составляют хозяйственно-бытовые и треть — промышленные сточные воды.

С момента ввода в эксплуатацию КОС стали флагманом московской канализации. На основе изучения зарубежного опыта, внедрения результатов отечественных научных и практических исследований были найдены и реализованы оригинальные решения, наиболее соответствовавшие условиям Москвы и одновременно уникальные в мировом масштабе. Здесь внедрялись принципиально новые для российской канализации сооружения очистки воды: различные типы песколовков, крупногабаритные отстойники, фильтры доочистки, экспериментальные сооружения горизонтального типа, разные типы аэрационных систем [Там же]. На КОС сточные воды проходят механическую, аэробную биологическую очистку в аэротенках и отстойниках, осадки сточных вод перекачивают за несколько километров от Москвы, где они подвергаются механическому обезвоживанию на центрифугах (декантерах), а затем вывозятся на полигоны для рекультивации.

С момента ужесточения норм биологических показателей для сбрасываемых сточных вод все сточные воды, прошедшие полный цикл очистки на КОС, с 2012 г. подвергаются ультрафиолетовому обеззараживанию перед сбросом в Москву-реку. Таким образом, показатели биологической очистки воды КОС достигли нормативных значений по СанПиН 2.1.5.980-00, что благотворно сказалось на качестве воды Москвы-реки и санитарно-эпидемиологического состоянии акватории в целом.

С 2014 г. и по настоящий момент идет реконструкция всего комплекса КОС, создается система сбора и очистки газовых выбросов,



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Фото © Елена Тимофеева

Рис. 1. Курьяновские очистные сооружения (КОС)

которая позволит устранить неприятные запахи, ощущаемые время от времени жителями близлежащих районов. Для исключения выбросов с открытых поверхностей перекрыто большинство ранее открытых сооружений: подводящие каналы, песколовки, первичные отстойники, сооружения механической очистки воды и обработки осадка общей площадью свыше 80 тыс. м². При этом на «перекрытых» сооружениях устроена принудительная вытяжная вентиляция, предусматривающая подачу воздуха на сооружения и его очистку. В результате реконструкции планируется существенное снижение показателей содержания загрязняющих веществ в воздухе. В состав газовойоздушных выбросов КОС

входят метан, аммиак, меркаптаны и сероводород. Основными источниками запахов являются два последних газа. Они же способны оказывать негативное воздействие на состояние здоровья человека при длительном вдыхании — местное раздражающее и общетоксическое действие: вызывают головные боли, приступы тошноты, чувство беспокойства, повышают утомляемость [Авдосьева, Харламова, 2013]. По данным «Докладов о состоянии окружающей среды в Москве в 2014–2016 годах», максимально разовый норматив по сероводороду на Курьяновских очистных сооружениях превышался, хотя динамика распределения обращений по количеству жалоб на состояние атмосферного воздуха от жите-

лей ЮВАО, в том числе по причине запахов, исходящих от КОС, имеет тенденцию к снижению. Тем не менее КОС занимает второе место в списке промышленных объектов Москвы, на которые в 2016 г. поступило наибольшее количество жалоб жителей о загрязнении атмосферного воздуха.

Выпуск вод из КОС в Москву-реку расположен в черте города и является местом, где смешиваются два потока: речной воды и очищенных сточных вод в соотношении 2:1. Основное отличие очищенных сточных вод от речной воды состоит в повышенном содержании биогенных элементов, что отмечено в работах [Бондаренко, Старков, Андрианова, 2014; Крискунов и др., 2005; О состоянии окружающей..., 2003; Учеваткина, Базаева, Нефёдкин, 2006]: содержание аммонийного азота и азота нитритов до 2 раз выше, азота нитратов и фосфора фосфатов и общего — до 11 раз выше, а также повышением рН до единицы. Относительно высокое содержание данных ионов может привести к эвтрофикации («цветению») водоема и невозможности использования его ресурсов для коммунально-бытовых нужд [Lackner et al., 2014; Гусева и др., 2000; Нефёдкин и др., 2005; Петросян, Шувалова, 2017; Ревелль, Ревелль, 1995].

Амины, находящиеся в водоемах, вызывают торможение биохимических процессов, которые вызваны поглощением кислорода аэробными бактериями, что приводит к соответствующему уменьшению его количества и повышению биохимической потребности в кислороде (БПК). В результате этого процесса самоочищение в экосистеме не происходит, а образующиеся после окисления нитриты оказывают токсическое действие на гидробионты [Chen, Burke, Prepas, 2011; Петросян, Шувалова, 2017]. Азотосодержащие соединения (нитриты, нитраты, аммонийные соли), как показано в [Гусева и др., 2000], могут образовываться в воде в результате биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, а также вследствие разложения мочевины под воздействием ферментов. Присутствуют они в воде, как правило, в виде взвесей, коллоидов и растворенных молекул.

Анализ исследований Москвы-реки у КОС [О состоянии окружающей..., 2003] в период летней межени вод, которая является наиболее показательной из-за высокой температуры воды, позволяет сделать вывод, что концентрация азота и его соединений зна-

чительно увеличивается после прохождения очистных сооружений: содержание общего азота — в 8 раз, азота аммонийных солей — до 30 раз, азота нитратов — в 6 раз, азота нитритов — в 3 раза. В основном авторы [Там же] связывают это с большим количеством стоков, поступающих на КОС. Было решено, что для изменения ситуации нужно внедрить технические решения, позволяющие увеличить эффективность КОС [Нефёдкин и др., 2005].

Очистка сточных вод от биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, была и остается актуальной задачей, ей посвящено много работ [Бочкова, Ножевникова, 2015; Зубов и др., 2013; Каллистова и др., 2016; Козлов и др., 2013; Козлов, Кевбрина, Николаев, 2013; Никитина и др., 2015; Николаев и др., 2009; Николаев и др., 2015]. Основная масса азота, содержащегося в поступающей на очистку сточной воде, представлена аммонием. Для удаления аммония из сточных вод используются современные технологии удаления биогенных элементов, основанные на процессах нитри-денитрификации, изложенные в Справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015. Для отдельных стоков, содержащих низкое количество органических веществ, например, фугат центрифуг для обезвоживания сброженного осадка, находит применение новая технология Анаммокс (anaerobic ammonia oxidation), которая заключается в том, что в присутствии особой группы бактерий осуществляется процесс анаэробного окисления аммония нитритом с образованием молекулярного азота. АО «Мосводоканал» совместно с ФИЦ Биотехнологии РАН разработал собственный вариант технологии, основанной на процессе Анаммокс, для очистки фугата обезвоживающих центрифуг. В настоящее время на ЛОС функционирует пилотная установка Анаммокс производительностью 20 м³/сут, с эффективностью удаления азота 80–90%. Эти данные соответствуют работам других исследователей [Fux et al., 2002; Henze et al., 2002], в которых показана эффективность удаления азота в данном процессе более 90%. Промышленное внедрение собственной технологии на основе процесса Анаммокс в АО «Мосводоканал» в ближайшее время будет осуществлено при реконструкции ЛОС для очистки фугата обезвоживающих центрифуг (производительность 18 тыс. м³/сут). Результаты мониторинга загрязнения подземных вод на территориях, находящихся под влиянием промышленных сбросов загряз-

няющих веществ КОС, отраженные в «Докладах о состоянии окружающей среды в Москве в 2015–2017 годах», показали, что основным техногенным показателем загрязнения подземных вод вблизи КОС является аммоний, превышение ПДК составило 10–15 раз. Для снижения общей нагрузки на Москву-реку по биогенным элементам (группе азота и фосфору) на КОС идет реконструкция очистных сооружений за счет внедрения наилучших доступных технологий (НДТ), в том числе Справочником по НДТ ИТС 10-2015, которые позволят улучшить ситуацию в городской системе. Так, например, с 2014 г., после начала реконструкции Курьяновских очистных сооружений, среднегодовые концентрации иона аммония в Москве-реке снизились на 28%.

Загрязнение поверхностных и подземных вод обуславливает нарушение биологического разнообразия, снижение продуктивности и потребительских свойств водных экосистем. В результате обостряются проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения, сельскохозяйственного и промышленного, рыбохозяйственного и рекреационного водопользования. В результате поступления загрязняющих веществ наблюдаются существенные изменения физико-химических свойств воды, что приводит к возникновению новых форм биохимических режимов водоемов, ухудшению их потребительских свойств, в том числе изменению биопроductивности [Безднина, 2005; Шулин и др., 2012].

Для оценки влияния очищенных сточных вод на популяции рыб Москвы-реки были проведены исследования. Полученные данные свидетельствуют о высокой численности рыб в районе выпуска биологически очищенных сточных вод КОС в связи с обилием в этом месте корма и особыми гидроэкологическими условиями [Крискунов и др., 2005; Пушкарь и др., 2006]. Изменение соотношения видов водных обитателей приводит к образованию неустойчивых экосистем, отличающихся от естественных. Так, например, отмечается появление у КОС рыб-гуппи.

Анализ литературы показал, что КОС влияют на экологическое состояние Москвы-реки: в результате спуска очищенных сточных вод в реку содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов снижается, но содержание биогенных элементов и тяжелых металлов, как правило, возрастает [Воронина, 2013; Крискунов и др., 2005; Нефедкин и др., 2005; О состо-

янии окружающей..., 2003; Пушкарь и др., 2006; Учеваткина, Базаева, Нефедкин, 2006; Шулин и др., 2012]. Надежные данные экологического мониторинга — необходимая основа для управления качеством воды, поэтому необходимо проводить регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, их количественными и качественными показателями для своевременного выявления и прогнозирования негативных процессов, влияющих на качество вод и состояние водных объектов, что и является целью нашего исследования.

Экспериментальная часть

Пробы воды были отобраны в трехкратной повторности два раза в октябре 2014 г.: на удалении 1 км до места сброса воды в Москву-реку из КОС, в створе места сброса и через 300 м после сброса воды в Москву-реку. Химический анализ вод был проведен с использованием следующих методов исследования: потенциометрический метод для определения значений pH на иономере И-500, argentометрический метод определения содержания хлорид-анионов, метод ICP-MS для определения концентраций основных макро-и микроэлементов на спектрометре Agilent 7500A, спектрофотометрический метод определения содержания водорастворимых фенольных соединений (метод Фолина-Чокальтеу, спектрофотометр Nach-Lange DR-2800) [Алексеев, 2004; Лурье, 1966; Резников, 1963]. Отбор точек приурочен к точкам мониторинга за состоянием КОС по данным «Докладов о состоянии окружающей среды в Москве».

Результаты проведенного исследования и их обсуждение

Результаты измерений представлены в табл. 1. Все показатели в водах, отобранных до, в створе и после сброса КОС очищенных сточных вод в Москву-реку соответствуют или ниже ПДК культурно-бытовых водоемов. ПДК рыбохозяйственных водоемов в основном строже, поэтому, как видно из табл. 1, значения содержания Mn, Sr и K в некоторых проанализированных водах немного превышает ПДК, а содержание Cu и Zn более чем в 3 раза превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Из этого следует, что вода Москвы-реки в районе КОС может быть использована для культурно-бытовых целей населения, рекре-

Таблица 1. Характеристика вод Москвы-реки в районе Курьяновских очистных сооружений (КОС)

Анализируемые показатели	ПДК рыб.-хоз. (Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 и СанПиН 2.1.5.980-00)	ПДК культ.-быт. (ГН 2.1.5.2280-07 и СанПиН 2.1.5.980-00)	Место отбора пробы воды, дата отбора					
			До створа, среднее		Створ, среднее		После створа, среднее	
			12.10.2014	19.10.2014	12.10.2014	19.10.2014	12.10.2014	19.10.2014
рН	–	6,5–8,5	7,71	8,22	7,66	8,05	7,62	8,20
Хлориды Cl ⁻ , мг/л	300	350	55,74	55,74	65,68	67,10	51,48	55,74
Марганец Mn, мг/л	0,01	0,1	0	0	0	0,016	0	0
Медь Cu, мг/л	0,001	1	0,005	0,006	0,004	0,008	0,003	0,029
Цинк Zn, мг/л	0,01	1	0,031	0,029	0,032	0,038	0,037	0,031
Свинец Pb, мг/л	0,006	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Хром общий Cr, мг/л	–	0,05	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Алюминий Al, мг/л	0,04	0,2	0,004	0	0	0	0	0
Никель Ni, мг/л	0,01	0,02	0,003	0,003	0,004	0,006	0,003	0,003
Кадмий Cd, мг/л	0,005	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Кобальт Co, мг/л	0,01	0,1	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Фенольные соединения, мг/л	–	–	0,450	0,570	0,360	0,438	0,410	0,480
Стронций Sr, мг/л	0,4	–	0,472	0,463	0,599	0,540	0,496	0,505
Мышьяк As, мг/л	0,05	0,01	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
Кальций Ca, мг/л	180	–	64,23	75,26	70,56	90,94	58,02	85,46
Магний Mg, мг/л	40	50	19,57	13,83	22,02	6,96	22,33	7,71
Барий Ba, мг/л	0,74	–	0,074	0,061	0,056	0,052	0,052	0,057
Калий K, мг/л	10	–	4,92	4,19	11,17	9,83	6,82	6,61
Натрий Na, мг/л	120,0	200	22,72	22,89	45,86	36,96	29,68	28,86
Молибден Mo, мг/л	0,001	0,07	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Общая жесткость, °Ж	7	–	4,85	4,92	5,36	5,13	4,85	4,92

Примечание. Погрешность измерений составляет 15%.

ации и спорта, а использование водоема для рыбохозяйственных целей и водоснабжения населения в данном районе не может быть осуществлено без дополнительной очистки до действующего норматива.

Из табл. 1 также видно, что ряд показателей — pH, общая жесткость, Cl^- , Zn, Ni, Sr, Ca, K, Na — имеют тенденцию к увеличению в точках, отобранных в створе сброса очищенных сточных вод в Москву-реку, и далее снижается в водах, отобранных ниже по течению; минимум содержания большинства компонентов наблюдается в воде, отобранной до места сброса очищенных сточных вод в реку. Подобные данные согласуются с полученными ранее [Воронина, 2013; Крискунов и др., 2005; Нефёдкин и др., 2005; О состоянии окружающей..., 2003; Пушкарь и др., 2006; Учеваткина, Базаева, Нефёдкин, 2006; Шурин и др., 2012]. Возможно, так происходит из-за того, что вода, сбрасываемая из КОС, оказывается очищенной не до того уровня содержания компонента, который наблюдается в Москве-реке. Особенно это касается ионов Cl^- , K^+ и Na^+ , содержание которых возрастает до 1,5–2 раз в месте сброса воды в реку. Возможно, данный факт наблюдается из-за высокого содержания поваренной соли в исходной воде, поступившей на КОС. Кроме того, как отмечено в [Нефёдкин и др., 2005], КОС может не справляться с большим количеством поступающих стоков, что приводит к ухудшению работы очистного оборудования. Очистные сооружения прежде всего направлены на очистку сточных вод от биогенных элементов и не предназначены для удаления металлов, хлоридов, сульфатов. Следует отметить, что сточную воду можно очистить от солей с помощью обратного осмоса, но стоимость данной технологии приведет к увеличению размера коммунальных платежей жителей города, поэтому эколого-экономическая целесообразность методов очистки, основанная на принципах НДТ, не предполагает очистку сточных вод от этих загрязнителей.

Содержание водорастворимых фенольных соединений во всех пробах вне зависимости от времени и места отбора находится на уровне, соответствующем природным водам [Запрометов, 1974]. Поступление очищенных сточных вод в Москву-реку из КОС оказывает разбавляющий эффект на содержание фенольных соединений, концентрация этих компонентов снижается в водах, отобран-

ных ниже по течению реки. Это согласуется с сообщением «Мосводоканала», в котором отмечается, что сегодня в Москве городские сточные воды проходят полный цикл биологической очистки. Это позволяет обеспечивать качество воды, которое по ряду показателей лучше, чем в Москве-реке.

Содержание Cu, Cr, Ba также снижается при поступлении очищенных сточных вод в Москву-реку из КОС. Возможно, это происходит из-за химического осаждения этих элементов при поступлении данных очищенных сточных вод, отличающихся по составу от вод Москвы-реки.

Содержание Pb остается неизменно низким во всех пробах вне зависимости от времени и места отбора. Возможно, из-за достаточной удаленности КОС от крупных автомагистралей.

При сравнении проб воды, отобранных с временной разницей в неделю, оказалось, что для ряда показателей — содержание фенольных соединений, Cl^- , Mn, Cu, Zn, Ni, Ca — более высокое содержание отмечено для даты 19.10.2014, чем в пробах, отобранных неделей раньше. Предположительно это связано с природным варьированием показателей, которое сопоставимо с влиянием КОС.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что КОС в целом несущественно влияют на экологическое состояние Москвы-реки, а наблюдаемые колебания сопоставимы с временным варьированием показаний анализируемых признаков.

Выводы

1. Вода из Москвы-реки в районе КОС пригодна для культурно-бытовых целей населения, рекреации и спорта; при необходимости использования водоема для рыбохозяйственных целей и водоснабжения населения вода в данном районе не может быть использована без дополнительной очистки до действующего уровня ПДК.

2. Ряд показателей (pH, общая жесткость, содержание фенольных соединений, Cl^- , Zn, Ni, Sr, Ca, K, Na, As) имеют тенденцию к увеличению (до 2 раз) в точках, отобранных в створе сброса очищенных сточных вод в Москву-реку, и далее снижается в водах, отобранных ниже по течению. Вместе с тем эти концентрации незначительно превышают рамки выявленных временных колебаний состава вод,

поэтому для окончательного ответа о причинах наблюдаемых повышений необходимы дальнейшие наблюдения.

3. Для содержания ряда элементов (Cu, Cr, Ba) и содержания фенольных соединений поступление очищенных сточных вод в Москву-реку из КОС оказывает разбавляющий эффект, концентрация этих компонентов снижается ниже по течению реки. Причина может заключаться в том, что городские сточные воды проходят полный цикл очистки, что позволяет обеспечивать качество воды, которое по ряду показателей лучше, чем в Москве-реке.

4. КОС оказывают в целом несущественное влияние на экологическое состояние Москвы-реки, а наблюдаемые колебания сопоставимы с временным варьированием показаний анализируемых признаков.

Заключение

По результатам анализа существующих исследований и наших экспериментальных данных можно сделать вывод, что КОС неоднозначно влияют на экологическое состояние Москвы-реки. В результате спуска очищенных сточных вод в реку содержание некоторых соединений снижается (взвешенные вещества, нефтепродукты, фенольные соединения, Cr, Ba), что позволяет обеспечивать качество воды лучше, чем в Москве-реке, по данным показателям и можно говорить о благоприятном влиянии КОС на экологическую обстановку Москвы-реки вблизи КОС. Содержание в Москве-реке ряда биогенных элементов (азот, фосфор, кальций, калий), некоторых тяжелых металлов (Zn, Ni, Sr, Co), а также хлорид-ионов и натрия после КОС возрастает, но по ряду показателей наблюдаемые колебания сопоставимы с временным варьированием анализируемых признаков и не выходят за пределы ПДК культурно-бытовых водоемов. Поэтому использование Москвы-реки в рекреационных целях не представляет опасности для здоровья населения

Источники

Авдосьева М.В., Харламова М.Д. (2013) Способы сокращения и нейтрализации газо-воздушных выбросов городских бытовых сточных вод объектов Курьяновских очистных сооружений (Москва) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. № 12 (1). С. 66–71. Алексеев Л.С. (2004) Контроль качества воды. М.: ИНФРА-М.

города. Использование Москвы-реки в данном районе для рыбохозяйственных целей невозможно без дополнительной очистки до действующего уровня ПДК. Полученные данные согласуются с результатами, приведенными в «Докладе о состоянии окружающей среды в Москве в 2016 году», где по результатам режимных наблюдений класс качества московской воды варьировался от «условно чистая» до «слабо загрязненная» в районе КОС. В качестве норматива при расчете также использовались предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03). Там же отмечено, что КОС решают задачу достижения качества очистки сточных вод, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам для водных объектов культурно-бытового назначения в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и Гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», проводя масштабную реконструкцию.

Можно рассчитывать, что после окончания реконструкции КОС экологическая обстановка в районе очистных сооружений сохранит тенденцию к улучшению, поэтому рекомендуется продолжить дальнейшие наблюдения. Экологический мониторинг водных объектов — необходимая основа для управления качеством воды, поэтому надо проводить регулярные наблюдения за их состоянием, количественными и качественными показателями. Это позволит своевременно спрогнозировать и выявить возможные негативные процессы изменения экологического состояния региона в целом.

Безднина С.Я. (2005) Экологические основы водопользования. М.: ВНИИА.

Бондаренко Е.А., Старков В.А., Андрианова М.Ю. (2014) Обнаружение загрязнений Мушинского ручья сточными водами методом флуориметрии // Строительство уникальных зданий и сооружений. № 9 (24). С. 26–38.

- Бочкова Е.А., Ножевникова А.Н. (2015) Формирование биоплёнок анаммокс-бактерий при культивировании в анаэробном проточном биореакторе // Биотехнология: состояние и перспективы развития (2015): материалы VIII Моск. междунар. конгр. / РХТУ имени Д.И. Менделеева. М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии». С. 360–361.
- Воронина Е.О. (2013) Экологическое состояние водных объектов Москвы // Научный вестник МГГУ. № 12 (45). С. 17–21.
- Голубовская Э.К. (1978) Биологические основы очистки воды. М.: Высшая школа.
- Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». (2010) М.: НИА-Природа.
- Гусева Т.В. и др. (2000) Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справоч. материалы. М.: РХТУ имени Д.И. Менделеева.
- Заикина И.В., Плиева Т.Х., Назаров А.А. (2016) Влияние природно-техногенного комплекса Курьяновских очистных сооружений на окружающую среду города Москвы // Инновационные технологии в науке и образовании. № 2 (6). С. 326–328.
- Запрометов М.Н. (1974) Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа.
- Зубов М.Г. и др. (2013) Биотехнология очистки сточных вод с иммобилизацией активного ила и удалением азота // Водоснабжение и санитарная техника. № 8. С. 72–75.
- Каллистова А.Ю. и др. (2016) Роль анаммокс-бактерий в очистке сточных вод от соединений азота // Микробиология. Т. 85. № 2. С. 126–144.
- Козлов М.Н. и др. (2013) Липидный состав активного ила пилотной установки анаэробного окисления аммония // Прикладная биохимия и микробиология. Т. 49. № 5. С. 481.
- Козлов М.Н., Кевбрина М.В., Николаев Ю.А. (2014) Применение биотехнологии в очистке сточных вод города Москвы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Биотехнология и качество жизни». С. 408–409.
- Коронкевич Н.И., Мельник К.С. (2017) Изменение стока реки Москвы в результате антропогенных воздействий // Водные ресурсы. Т. 44. № 1. С. 3–14.
- Кривенко В.Г., Виноградов В.Г., Мирутенко М.В. (2004) Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия России // Аграрная Россия. № 4. С. 3–11.
- Крискунов Е.А. и др. Оценка состояния ихтиофауны реки Москвы в зоне влияния станции аэрации // Вода и экология. Проблема и решения. 2005. № 2 (23). С. 42–52.
- Лурье Ю.Ю. (1966) Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия.
- Нефёдкин С.И. и др. (2005) Анализ загрязнения аммонийным азотом р. Москвы в пределах Московского региона и мероприятия по снижению влияния азотосодержащих соединений на водный объект // Экология и промышленность России. № 5. С. 49–54.
- Никитина А.А. и др. (2015) Интенсификация микробного разложения органической фракции бытовых отходов: лабораторные и полевые эксперименты // Прикладная биохимия и микробиология. Т. 51. № 4. С. 377.
- Николаев Ю.А. и др. (2009) Культивирование активного ила, осуществляющего бескислородное окисление аммония сливных вод // Вода: химия и экология. № 12. С. 10–15.
- Николаев Ю.А. и др. (2015) Candidatus "Jettenia moscovienalis" sp. nov. – новый вид бактерий, осуществляющих анаэробное окисление аммония // Микробиология. Т. 84. № 2. С. 236–240.
- О состоянии окружающей природной среды Москвы в 2002 году. (2003) Государственный доклад / под ред. А.Г. Ишакова, В.К. Катушенова. М.: РБОО «Общественная экология».
- Петросян В.С., Шувалова Е.А. (2017) Химия и токсикология окружающей среды. М.: ООО «Буки Веди».
- Пушкарь В.Я. и др. (2006) Биотестирование биологически очищенных сточных вод // Экология и промышленность России. № 4. С. 29–31.
- Ревелль П., Ревелль Ч. (1995) Среда нашего обитания: в 4-х кн. Кн. 2. Загрязнения воды и воздуха / пер. с англ. М.: Мир.
- Резников А.А. (1963) Методы анализа природных вод. Изд. 2-е. М.: Госгеолтехиздат.
- Учеваткина Н.В., Базаева М.Г., Нефёдкин С.И. (2006) Определение критических нагрузок на реку Москву // Экология промышленного производства. № 3. С. 24–27.
- Щурин К.В. и др. (2012) Экологический аспект влияния автотранспортного комплекса на региональные водные ресурсы // Экология и промышленность России. № 12. С. 45–47.
- Chen H., Burke J., Prepas E. (2011) Cyanobacterial Toxins in Fresh Waters. Invited chapter // Encyclopedia of Environmental Health / J.O. Nriagu (ed.). Vol. 1. Elsevier. P. 860–871.
- Fux C. et al. (2002) Biological Treatment of Ammonium-rich Wastewater by Partial Nitrification and Subsequent Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox) in a Pilot Plant // Journal of Biotechnology. Vol. 99. Iss. 3. P. 295–306.
- Henze M. et al. (2002) Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag. 3rd ed.
- Lackner S. et al. (2014) Full-scale Partial Nitrification/Anammox Experiences – An Application Survey // Water Research. Vol. 55. P. 292–303.

ELENA TIMOFEEVA, ELIZAVETA KARAVANOVA

THE EVALUATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE MOSCOW RIVER

NEAR THE KURYANOVO WATER TREATMENT FACILITIES

Elena A. Timofeeva, PhD, Senior Lecturer of the Soil Chemistry Department, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (909) 686-40-96, +7 (495) 939-22-33

E-mail: helentimofeeva@rambler.ru

Elizaveta I. Karavanova, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Soil Chemistry Department, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (495) 939-36-76

E-mail: karavanovaei@mail.ru

Abstract

Water consumption by urban residents is higher than in rural areas by an order of magnitude or more. The volume of domestic sewage discharged into the rivers of cities has increased by several times in recent years. Moscow is a large metropolis with several wastewater treatment plants, but the main volume of wastewater enters the Moscow River through the Kuryanovo sewage treatment plant (KSTP), the surrounding area of which is the object of our study. The ecological state of the Moscow River near KSTP was assessed for pH, concentrations of macro- and micronutrients, phenols and chlorides. The possibility of using the river in this area for recreation was investigated, since water quality affects the health of urban residents. KSTP has an ambiguous impact on the ecological state of the Moscow River. As a result of the discharge of treated wastewater, the content of some compounds decreases. Suggesting KSTP has a beneficial effect on the ecology of the Moscow river. The content of some nutrients and heavy metals in the Moscow River after KSTP increases, but for a number of indicators the observed fluctuations are comparable with natural variation and do not go beyond the normative values for cultural and domestic reservoirs. Environmental monitoring of water bodies is necessary for managing water quality, therefore it is recommended to continue the monitoring of water quality near KSTP, which will predict and identify possible negative changes in the ecological state of the region as a whole.

Takeaway for practice: Untreated wastewater is a hazard for urban residents, since a lot of pollutants enter the rivers with raw sewage. The use of the Moscow River for recreational purposes in the vicinity of KSTP does not pose a threat to the health of population, since the values of the indicators do not go beyond normative values for water in cultural and domestic reservoirs. The use of the Moscow River in this area for fishing is impossible without additional treatment.

Key words: water pollution; water treatment facilities; water quality control

Citation: Timofeeva E., Karavanova E. (2018) The Evaluation of the Ecological State of the Moscow River Near the Kuryanovo Water Treatment Facilities. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 99–110 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201899-110>

References

- Alekseev L.S. (2004) Kontrol' kachestva vody [Water quality control]. Moscow: INFRA-M. (in Russian)
- Avdosieva M.V., Kharlamova M.D. (2013) Sposoby sokrashcheniya i nejtralizacii gazo-vozdushnyh vybrosov gorodskih bytovyh stochnyh vod ob'ektov Kur'yanovskih ochistnyh sooruzhenij (Moskva) [Ways to reduce and neutralize gas-air emissions of municipal wastewater from the facilities of the Kuryanovsky treatment facilities (Moscow)]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]*, no 12 (1), pp. 66–71. (in Russian)
- Bezdina S.Ya. (2005) Ekologicheskie osnovy vodopol'zovaniya [Ecological basics of water use]. Moscow: VNIIA, 2005. (in Russian)
- Bochkova EA, Nozhevnikova A.N. (2015) Formirovanie bioplyonok anammoks-bakterij pri kul'tivirovanii v anaerobnom protochnom bioreaktore [The formation of biofilms of anammox bacteria during cultivation in an anaerobic flow bioreactor]. *Biotehnologiya: sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy VIII Moskovskogo Mezhdunarodnogo Kongressa* [Biotechnology: State and Development Prospects Materials of the VIII Moscow International Congress] / RCTU named after D.I. Mendeleev, pp. 360–361. (in Russian)
- Bondarenko E.A., Starkov V.A., Andrianova M.Yu. (2014) Obnaruzhenie zagryaznenij Murinskogo ruch'ya stochnymi vodami metodom fluorimetrii [Fluorimetry detection of pollution by wastewater in the Murinsky stream]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]*, no 9 (24), pp. 26–38. (in Russian)
- Chen H., Burke J., Prepas E. (2011) Cyanobacterial Toxins in Fresh Waters. Invited chapter. *Encyclopedia of Environmental Health* / J.O. Nriagu (ed.). Elsevier, vol. 1, pp. 860–871.
- Fux C. et al. (2002) Biological Treatment of Ammonium-rich Wastewater by Partial Nitritation and Subsequent Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox) in a Pilot Plant. *Journal of Biotechnology*, vol. 99, iss. 3, pp. 295–306.
- Golubovskaya E.K. (1978) Biologicheskie osnovy ochistki vody [Biological Principles of Water Treatment] / Moscow: Higher School. (in Russian)
- Gosudarstvennyj doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossijskoj Federacii v 2009 godu" (2010) [On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2009. State Report]. Moscow: NIA-Priroda. (in Russian)
- Guseva T.V. et al. (2000) Gidrohimiicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchej sredy [Hydrochemical indicators of the state of the environment]. *Spravochnye materialy [References]*. Moscow: RCTU named after D.I. Mendeleev. (in Russian)
- Henze M. et al. (2002) Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes. Springer-Verlag: Berlin; Heidelberg. 3rd ed.
- Kallistova A.Yu. et al. (2016) Rol' anammoks-bakterij v ochistke stochnyh vod ot soedinenij azota [The role of anammox bacteria in wastewater treatment from nitrogen compounds]. *Mikrobiologiya [Microbiology]*, vol. 85, no 2, pp. 126–144. (in Russian)
- Kozlov M.N. et al. (2013) Lipidnyj sostav aktivnogo iila pilotnoj ustanovki anaerobnogo okisleniya ammoniya [Lipid composition of activated sludge in a pilot plant for ammonium anaerobic oxidation]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya [Applied Biochemistry and Microbiology]*, vol. 49, no 5, p. 481. (in Russian)
- Kozlov M.N., Kevbrina M.V., Nikolaev Yu.A. (2014) Primenenie biotekhnologii v ochistke stochnyh vod goroda Moskvy [The use of biotechnology in wastewater treatment in Moscow]. *International Scientific-practical Conference "Biotechnology and Quality of Life". Conference materials*, pp. 408–409. (in Russian)
- Koronkevich N.I., Melnik K.S. (2017) Change in the flow of the Moscow river as a result of anthropogenic impacts. *Water resources*, vol. 44, no 1, pp. 3–14.
- Kriskunov E.A. et al. (2005) Ocenka sostoyaniya ihtiofauny reki Moskvy v zone vliyaniya stantsiya aeracii [Assessment of the ichthyofauna of the Moscow River in the area of the aeration station]. *Voda i ekologiya. Problema i resheniya [Water and Ecology. Problem and solutions]*, no 2 (23), pp. 42–52. (in Russian)
- Krivenko V.G., Vinogradov V.G., Mirutenko M.V. (2004) Aktual'nye problemy sohraneniya bioraznoobraziya Rossii [Actual problems of biodiversity conservation in Russia]. *Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]*, no 4, pp. 3–11. (in Russian)
- Lackner S. et al. (2014) Full-scale Partial Nitritation/anammox Experiences — An application survey. *Water Research*, vol. 55, pp. 292–303.
- Lurie Yu.Yu. (1966) Himicheskij analiz proizvodstvennyh stochnyh vod [Chemical analysis of industrial wastewater]. Moscow: Chemistry. (in Russian)
- Nefyodkin S.I. et al. (2005) Analiz zagryazneniya ammonijnym azotom r. Moskvy v predelakh Moskovskogo regiona i meropriyatiya po snizheniyu vliyaniya azotosoderzhashchih soedinenij na vodnyj ob'ekt [Analysis of pollution with ammonia nitrogen Moscow river within the Moscow region and measures to reduce the effect of nitrogen-containing compounds on a water body]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]*, no 5, pp. 49–54. (in Russian)
- Nikitina A.A. et al. (2015) Intensifikaciya mikrobnogo razlozheniya organicheskoy frakcii bytovyh othodov:

- laboratornye i polevye eksperimenty [The microbial decomposition intensification of the organic fraction of household waste: laboratory and field experiments]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology], vol. 51, no 4, pp. 377. (in Russian)
- Nikolaev Yu.A. et al. (2009) Kul'tivirovanie aktivnogo ilya, osushchestvlyayushchego beskislородное окисление аммония сливных вод [The cultivation of activated sludge, carrying out oxygen-free oxidation of ammonia in drain water]. *Voda: himiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], no 12, pp. 10–15. (in Russian)
- Nikolaev Yu.A. et al. (2015) Candidatus "Jettenia moscovienalis" sp. nov. — novyj vid bakterij, osushchestvlyayushchih anaerobное окисление аммония [Candidatus "Jettenia moscovienalis" sp. nov. — A new type of bacteria that carry out anaerobic oxidation of ammonium]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], vol. 84, no 2, pp. 236–240. (in Russian)
- O sostoyanii okruzhayushchej prirodnoj sredy Moskvy v 2002 godu. (2003) Gosudarstvennyj doklad [On the state of the environment of Moscow in 2002. State Report] / A.G. Ishakova, V.K. Katushenok. Moscow: RBOO "Public Ecology". (in Russian)
- Petrosyan V.S., Shuvalova E.A. (2017) Himiya i toksikologiya okruzhayushchej sredy [Chemistry and toxicology of the environment]. Moscow: Buki Vedi LLC. (in Russian)
- Pushkar V.Ya. et al. (2006) Biotestirovanie biologicheskikh ochishchennykh stochnykh vod [Biotesting of biologically treated wastewater]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], no 4, pp. 29–31. (in Russian)
- Rewell P., Revel C. (1995) Sreda nashego obitaniya [The environment of our habitation]: In 4 books. Prince 2. Water and air pollution / transl. from English. Moscow: Mir. (in Russian)
- Voronina E.O. (2013) Ekologicheskoe sostoyanie vodnykh ob'ektov Moskvy [Ecological condition of water bodies in Moscow]. *Nauchnyj vestnik MGGU* [Scientific Bulletin of Moscow State University for the Humanities], no 12 (45), pp. 17–21 (in Russian)
- Zaikina I.V., Plieva T.Kh., Nazarov A.A. (2016) Vliyanie prirodno-tekhnogenogo kompleksa Kur'yanskih ochistnykh sooruzhenij na okruzhayushchuyu sredu goroda Moskvy [The natural-technogenic complex influence of the Kuryanovsky treatment facilities on the environment in Moscow city]. *Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii* [Innovative technologies in science and education], no 2 (6), pp. 326–328. (in Russian)
- Zaprometov M.N. (1974) Osnovy biokhimii fenol'nykh soedinenij [Biochemistry fundamentals of phenolic compounds]. Moscow: Higher school. (in Russian)
- Zubov M.G. et al. (2013) Biotekhnologiya ochistki stochnykh vod s immobilizaciej aktivnogo ilya i udaleniem azota [Biotechnology of wastewater treatment with immobilization of activated sludge and nitrogen removal]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], no 8, pp. 72–75. (in Russian)

Авторам

МЫ ПРИГЛАШАЕМ АВТОРОВ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ
«ГОРОДСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИКИ»

«Городские исследования и практики» (печатная версия ISSN 2500-1604, электронная версия ISSN 2542-0003) — это международный научный рецензируемый журнал, выпускаемый Факультетом городского и регионального развития НИУ ВШЭ.

Журнал является новой площадкой, на которой начинающие и уже опытные городские исследователи и практикующие специалисты в области градостроительства могут обмениваться опытом и знаниями с помощью эмпирических и теоретических исследовательских статей, рецензий, обзоров статей, монографий российских и зарубежных авторов.

Мы будем рады сотрудничеству с авторами, область научных интересов которых затрагивает городские исследования, городское планирование, транспорт, экономику городов, социологию и антропологию города, географию, экистику, искусство в городе, архитектуру, дизайн и новые городские технологии и т.п.

Дизайн журнала позволяет задействовать в тексте разнообразные средства презентации: формулы, графики, карты, фотографии и пр.

К публикации принимаются оригинальные, ранее не опубликованные рукописи на русском и английском языках, сопровождающиеся любыми необходимыми визуальными материалами. Объем статей — до 60 тыс. знаков, объем рецензий, обзоров — до 10 тыс. знаков.

Если вы планируете написать для нас рецензию, пришлите заявку на электронный адрес редакции журнала, указав в ней название рецензируемой монографии и краткую информацию о себе.

Материалы с пометкой «Статья» («Рецензия») в теме письма присылайте на нашу электронную почту: usp_editorial@hse.ru

Более подробную информацию о журнале можно получить по ссылке <https://usp.hse.ru/>

Call for Papers

THE URBAN STUDIES AND PRACTICES JOURNAL INVITES AUTHORS TO CONTRIBUTE PAPERS FOR PUBLICATION

The Journal of Urban Studies and Practices (Print ISSN 2500-1604, Online ISSN 2542-0003) is a high-quality open access peer-reviewed research journal that is published by Faculty of Urban and Regional Development at National Research University Higher School of Economics.

The journal provides a platform for starting and experienced researchers and urban planning practitioners to share their knowledge and expertise in the form of high-quality empirical and theoretical research papers as well as reviews of books and academic literature. It publishes research papers in the fields of urban studies, urban planning, urban transportation, urban economics and sociology, anthropology, urban geography, ekistics, new city technologies, urban art, architecture and urban design.

The journal is published on a quarterly basis and is available both in print and online. A typical article should be limited to 60,000 characters including abstract, references, notes, appendices, tables and figures. A book review should not exceed 10,000 characters. The articles/reviews are accepted in English or Russian. The design of the journal is tailored to accommodate plain text, formulas, graphs, maps, photos, etc.

We kindly invite you to submit papers for the next issues of the Journal of Urban Studies and Practices.

Please send your manuscript for review to usp_editorial@hse.ru (email subject "Article" or "Review").

For more information about the journal please visit <https://usp.hse.ru/en/about>.

Формат 60×90 1/8. Уч.-изд. л. 11,5
Тираж 500 экз. Заказ №

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НИУ ВШЭ.
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ



ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Бакалавриат: Городское планирование

Форма обучения: очная

Срок обучения: 5 лет (набор ведется как на бюджетные, так и на «коммерческие» места)

Направление подготовки: «Градостроительство» (диплом государственного образца)

Вступительные испытания: по результатам ЕГЭ: русский язык, математика, иностранный язык

Образовательная программа бакалавриата «Городское планирование» направлена на подготовку новых профессионалов — городских планировщиков.

В процессе обучения студенты получают практические и прикладные навыки территориального планирования, управления городскими проектами, разработки и реализации стратегий и программ развития городов. Выпускники программы смогут работать в администрациях городов, девелоперских и консалтинговых компаниях, а также в исследовательских центрах.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Магистерская программа: Управление пространственным развитием городов

Форма обучения: очная

Срок обучения: 2 года (набор ведется как на бюджетные, так и на «коммерческие» места)

Направление подготовки: «Градостроительство» (диплом государственного образца)

Вступительные испытания: конкурс портфолио+английский язык

Одна из первых в России магистерских программ, объединяющая научно-исследовательский подход в урбанистике («urban studies») и практические аспекты городского планирования и управления («urban planning»).

Мы готовим специалистов в области пространственного развития городов и градостроительного зонирования. Наши выпускники работают в системе государственного и муниципального управления, в области анализа городских данных, в сфере девелопмента, градостроительного консалтинга и инфраструктурного развития.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Магистерская программа: Транспортное планирование

Форма обучения: очная

Срок обучения: 2 года (набор ведется как на бюджетные, так и на «коммерческие» места)

Направление подготовки: «Градостроительство» (диплом государственного образца)

Вступительные испытания: конкурс портфолио+английский язык

Программа направлена на развитие навыков и компетенций в сфере устойчивой мобильности, планирования и организации работы общественного транспорта, организации и безопасности дорожного движения, проектирования пешеходной и велосипедной инфраструктуры, экономики и правового регулирования городского транспорта.

Большое внимание уделяется значимости транспортного планирования для всех сфер городского развития и новейшим трендам в этой области.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Магистерская программа: Прототипирование городов будущего

Форма обучения: очная, обучение ведется на английском языке

Срок обучения: 2 года (набор ведется на «коммерческие места»)

Направление подготовки: «Градостроительство» (диплом государственного образца)

Вступительные испытания: конкурс портфолио

В основе программы лежит проектный подход, основанный на принципе «learning by doing» («обучение в процессе работы»). Студенты научатся разрабатывать прототипы проектов, анализировать данные, интегрировать технологии в городскую среду, которые изменят текущую реальность.

Программа реализуется на базе «Шухов Лаб» — международной лаборатории экспериментального проектирования городов НИУ ВШЭ. Преподавание ведут российские и зарубежные исследователи и практики, формирующие современную повестку в области разработки и внедрения умных технологий для городского развития.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ