
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 504.574; 614.1

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МАЛОГО ГОРОДА РОССИИ)

**В.В. Снакин, А.А. Присяжная, Н.И. Косякова, В.Р. Хрисанов,
Г.В. Митенко, С.А. Круглова¹**

Целью исследования являлась оценка здоровья среды с помощью различных биоиндикационных показателей на территории небольшого города в отсутствие значимых промышленных нагрузок. Изучали морфозы древесной растительности, флуктуирующую асимметрию листьев, изменение биологической активности почвы в городских условиях, а также конкретные физико-химические параметры, характеризующие экологическую ситуацию: загрязнение почв тяжёлыми металлами, загрязнение воздуха, напряжённость геомагнитного поля. Одновременно анализировали здоровье населения города по заболеваниям острыми респираторными инфекциями, пневмонией, ангиной, астмой, аллергическим ринитом и атопическим дерматитом. Зона максимального экологического комфорта в городе отмечена на границе с местами первых поселений славян-вятчей на данной территории (Тешиловское и Пуцинское городища) и с предшественником города – селом Пуцино. Несмотря на невысокую антропогенную нагрузку взаимосвязь между интегральной оценкой экологического состояния и здоровьем населения на уровне микрорайонов города оказалась существенной (коэффициент корреляции равен 0,65).

Ключевые слова: *качество окружающей природной среды, дихотомия растений, флуктуирующая асимметрия, биологическая активность почвы, тяжёлые металлы, геомагнитное поле, риск здоровью населения, популяционный риск, ущерб для здоровья.*

¹ Снакин Валерий Викторович – д.б.н., профессор, зав. лабораторией ландшафтной экологии Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН, г. Пуцино), зав. сектором Музея земледелия МГУ, snakin@mail.ru; Присяжная Алла Александровна – к.б.н., с.н.с. ИФПБ РАН, alla_pris@rambler.ru; Косякова Нинель Ивановна – д.м.н., зам. гл. врача по науке, зав. отделением иммунологии и аллергологии Больницы ПНЦ РАН, главный внештатный иммунолог-аллерголог Южного медицинского округа №2 Московской области, nelia_kosiakova@mail.ru; Хрисанов Владислав Радомирович – к.г.н., с.н.с. ИФПБ РАН, Митенко Геннадий Викторович – н.с. ИФПБ РАН; Круглова Светлана Александровна – н.с. ИФПБ РАН.

Статья подготовлена на основе доклада 01.06.2016 на семинаре «Здоровье среды» в Музее земледелия МГУ.

ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH (A CASE STUDY OF A RUSSIAN TOWN)

V.V. Snakin^{1,2}, A.A. Prisyazhnaya¹, N.I. Kosyakova³, V.R. Khrisanov¹, G.V. Mitenko¹, S.A. Kruglova¹

¹ Institute of Fundamental Problems of Biology of the RAS (Pushchino),

² Lomonosov Moscow State University (Moscow),

³ Pushchino Hospital of the RAS (Pushchino)

The purpose of this study is to conduct environmental assessment with the help of different biological benchmarks on the territory of a town where there is no significant industry load. The aspects explored are the morphoses of tree vegetation, fluctuating asymmetry of leaves, changes in soil biological activity in an urban setting, and particular physical and chemical characteristics of the ecological situation: soil pollution with heavy metals, air pollution, geomagnetic field intensity. Simultaneously we analyzed the public health of the town according to the incidence of acute respiratory infection, pneumonia, angina, asthma, allergic rhinitis and atopic dermatitis. The zone of maximum ecological comfort in the town was marked on the border with the pioneer settlement sites of the Vyatichi tribe in the area (ancient settlements of Teshilov and Pushchino) and with the ancestor of the town – the village of Pushchino. Even though anthropogenic load of the town is not heavy, the interconnection between the integral estimate of ecological state and public health on the level of residential areas of the town proved to be significant (correlation coefficient is 0,65).

Keywords: *environmental quality, plant dichotomy, fluctuating asymmetry, soil biological activity, heavy metals, geomagnetic field, public health risk, population risk, health damage.*

Введение. Под здоровьем среды понимают, как правило, такое качество окружающей среды, которое необходимо для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Концепция здоровья среды предполагает развитие нового отношения к окружающей природной среде, согласующегося с формирующимся сейчас в обществе новым этическим подходом: окружающая природная среда не только должна обеспечивать нас необходимыми ресурсами, но и быть здорова для обеспечения как длительного благополучного существования живой природы, так и для здоровья населения [6]. Оценку здоровья среды возможно проводить по способности к поддержанию всех функций организмов на необходимом уровне – гомеостазу. При этом могут быть полезны биоиндикация, биотестирование, токсикологический контроль, биосенсоры и биомаркеры, анализ гормональных нарушений и другие методы оценки экологического состояния территории.

Жизнедеятельность и, соответственно, здоровье любого биологического вида теснейшим образом связаны и обусловлены состоянием окружающей природной среды. В каких-то экстремальных случаях воздействие среды на здоровье особенно критично и очевидно: природные катаклизмы типа извержения вулканов, резких изменений погоды, техногенные загрязнения среды и т. п. Негативное воздействие на население, особенно на детей, отмечается в городах России с ухудшающимся качеством атмосферного воздуха: Благовещенск, Иркутск, Новокузнецк, Челябинск, Улан-Уде и др. [4]. Но даже при отсутствии значительных аномалий и природного, и техногенного характера состояние окружающей природной среды контролирует в существенной мере и поведение, и здоровье населяющих видов, включая человека.

Согласно известным данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) вклад состояния окружающей среды в здоровье населения в среднем составляет

18–22 %; при этом наибольший вклад (50–52 %) вносит образ жизни (национальные особенности, привычки и т. п.); вклад биологического фактора (генетика) оценивается в 20–22 %, а роль медицины – в 7–12 %.

Проведённый нами ранее анализ по данным государственной статистики для субъектов Российской Федерации [13, 15] показал, что влияние антропогенной нагрузки (совокупная оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов сточных вод в водные объекты, образование токсичных отходов) на здоровье населения может достигать 40 % и более. Большее влияние экологических условий на здоровье населения, в сравнении с данными ВОЗ, скорее всего, обусловлено характерным для нашей страны высоким уровнем техногенной нагрузки именно в местах с высокой плотностью населения.

Целью настоящей работы была попытка выявить связь между экологическими параметрами природной среды и здоровьем населения при отсутствии существенных промышленных нагрузок и загрязнения природной среды на примере небольшого города Московской области Пушкино, в котором расположен Пушкинский научный центр РАН.

Объекты и методы исследования. Работа проводилась на территории города Пушкино, расположенного в 120 км к югу от Москвы на высоком правом берегу реки Оки, на северной оконечности Среднерусской возвышенности (рис. 1). Его жилую зону формируют 4 микрорайона: «АБ», «В», «Г» и «Д». Население города Пушкино составляет 21 281 человек (2016). Градообразующие учреждения – 9 институтов Российской академии наук, преимущественно биологического профиля, а также филиал Физического института РАН (обсерватория). В городе более 20 действующих промышленных предприятий и 150 предприятий малого бизнеса. Основные направления деятельности предприятий связаны с внедрением в медицину, биотехнологию, сельское хозяйство достижений фундаментальных исследований институтов ПНЦ РАН: АО «Диакон-ДС» (ДИАгностический КОНТроль в области медицины), ООО «ДиСи» (производство инструментов для ожоговых центров), ООО «НПФ Альбит» (производство химических средств защиты растений), ООО «Роспак» (производство упаковки и тары) и др.

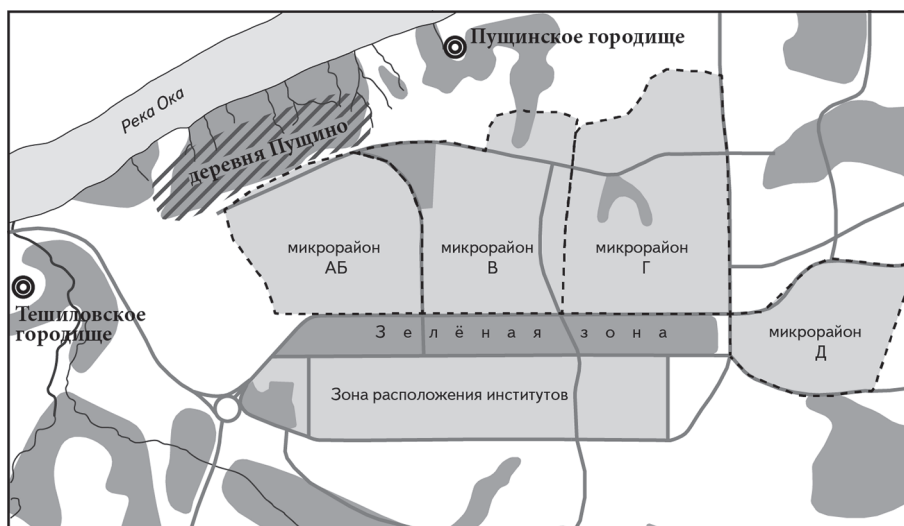


Рис. 1. Карта-схема города Пушкино.

Экологическое состояние окружающей природной среды оценивали по нескольким параметрам, представляющим как биоиндикационные показатели (морфозы древесной растительности, флуктуирующая асимметрия листьев, изменение биологической активности почвы в городских условиях), так и конкретные физико-химические величины (загрязнение почв тяжёлыми металлами, загрязнение воздуха, напряжённость геомагнитного поля).

Для сопоставления полученных результатов оценки экологических параметров природной среды, выраженных в различных единицах измерения, территория города была покрыта регулярной сеткой с постоянным размером ячеек 250×250 м. Такой размер обеспечивает полное покрытие проявлений геопатогенеза локального характера в ландшафте и в то же время соответствует представлениям о минимальной площади устойчивого существования лесного сообщества [10]. Были выбраны квадраты с городской застройкой, как наиболее интересные для оценки качества окружающей среды, а также крайние квадраты на карте города для определения значений изменения показателя в пространстве.

Для оценки степени дискомфортности природной среды исследовали *морфозы древесной растительности*, преимущественно *дихотомию*, то есть форму ветвления у растений. Породы деревьев, выбранные для учёта морфозов – берёза, сосна, липа и дуб – относятся к наиболее представительным ценозообразователям территории исследования. В каждой ячейке регулярной сетки анализировали состояние всех деревьев. Выбор дихотомии обусловлен упоминаниями многих авторов [11, 14 и др.] о взаимосвязи состояния древесной растительности с дискомфортом окружающей среды (т. н. геопатогенезом, или отрицательным влиянием на биологические объекты); при этом, по данным указанных работ, доля деревьев с раздвоенным стволом (дихотомией) увеличивается в 2,5–5 раз в геопатогенных зонах.

Экологическое состояние территории города оценивали также по *флуктуирующей асимметрии листьев* берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в соответствии с методикой [6]. Для каждой ячейки выбирались 10 деревьев таким образом, чтобы берёзы были равномерно распределены внутри каждой ячейки. Для измерений отбирали 10 листьев с нижней части кроны. Флуктуирующая асимметрия (ФА) – это наследственно не детерминированные, случайные отклонения от билатеральной симметрии, не приводящие к появлению направленной асимметрии в популяции. Проявления ФА можно считать следствием случайных нарушений, происходящих в процессе индивидуального развития, а саму ФА – проявлением случайной изменчивости развития и мерой стабильности развития [17]. Оценка уровня ФА в качестве индикатора экологического состояния территорий при различных стрессирующих воздействиях среды неоднократно применялась не только на разных растениях, но и на животных [3, 5].

Для оценки состояния почвенной микробиоты на территории города изучали изменение биологической активности зональной (серой лесной) почвы, помещённой в разрез городской почвы в специальных контейнерах. *Биологическую активность почв* (БАП) определяли по методу И.С. Вострова и А.Н. Петровой [2], модифицированного с целью уловить влияние внешних факторов и избежать эффекта воздействия антропогенных нарушений почвенного профиля (строительство, благоустройство и т. п.). Суть модификации методики в том, что индикаторный целлюлозный материал (хлопчато-бумажная ткань) помещался в контейнер с образцом заранее подготовленной зональной серой лесной почвы и закладывался в этом контейнере в почвенный

разрез на глубину 15–20 см [12]. Закладка контейнеров производилась равномерно на территории г. Пущино и его окрестностей. Индикативные контейнеры были заложены также и в почвенный разрез на контрольном участке (Грызловский лес в 10 км от города, где и были отобраны образцы зональной почвы), а также в лабораторных условиях в эксикаторы. При закладке контейнеров из разрезов отбирали образцы почв для определения полевой влажности и содержания тяжёлых металлов. Всего заложено 165 контейнеров. Время экспозиции – 3,5 месяца. В конце эксперимента было проведено определение степени разложения индикаторного материала весовым и площадным методами (коэффициент корреляция 0,94), а также влажность и почвенного образца в контейнере. Степень разложения индикаторного материала отражает напряжённость хода микробиологических процессов в контейнере, зависящих от условий конкретного места размещения контейнера.

Для анализа влияния *напряжённости геомагнитного поля* на здоровье населения и оценки геофизической обстановки модельной территории была проведена регистрация модуля магнитной индукции поля Земли с помощью протонного магнитометра ММП-203 на пробных площадках. Выбор пробных площадок проведён при условии минимизации воздействия антропогенных источников магнитной напряжённости (источники электрических полей промышленного назначения).

Помимо указанных параметров на территории города была оценена *степень загрязнения почв свинцом, цинком, медью и марганцем* (атомно-абсорбционная спектроскопия), а также проанализировано *загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота* вследствие транспортной нагрузки.

Распространённость заболеваемости среди населения города оценивали по следующим заболеваниям: ОРВИ, пневмонии, ангине, астме, аллергическому риниту и атопическому дерматиту за 2008–09 гг. по данным Больницы ПНЦ РАН. Уровень распространённости заболеваемости рассчитывали по числу случаев заболевания в пересчёте на 1000 человек. Показатель болезненности или морбидности отражает распространённость заболеваний, которая определяется соотношением числа заболеваний за год, умноженного на 1000 и делённого на численность населения (или всего, или данного возраста), и часто рассматривается в качестве критерия состояния здоровья, особенно на популяционном уровне.

Экологическое состояние природной среды города Пущино. На основании количественного учёта *морфозов древесной растительности* (дихотомии) на территории города Пущино Южного Подмосковья подготовлены карты распределения полей дихотомии берёзы, сосны, липы и дуба, а также проведено предварительное зонирование экологической комфортности территории города по этому показателю (рис. 2).

Анализ *биологической активности почвы* (БАП) показал, что величина разложения индикаторного материала изменялась в широком диапазоне: от 2 % до почти полного распада. Влияние полевой влажности и влажности почвенного образца в контейнере в конце эксперимента на степень разложения тканевого материала обнаружено не было (коэффициент корреляции -0,1). Интенсивность биологической активности почв исследуемой территории оценивали по средним значениям величины разложения индикаторного материала в сравнении с контрольным участком Грызловского леса (места отбора зональной почвы), принятого за единицу. Уменьшение биологической активности почвы более чем на 50 % было отмечено в квадратах промышленной зоны города. Увеличение БАП на 50 % отмечено в квадрате расположения Филиала Института биоорганической химии

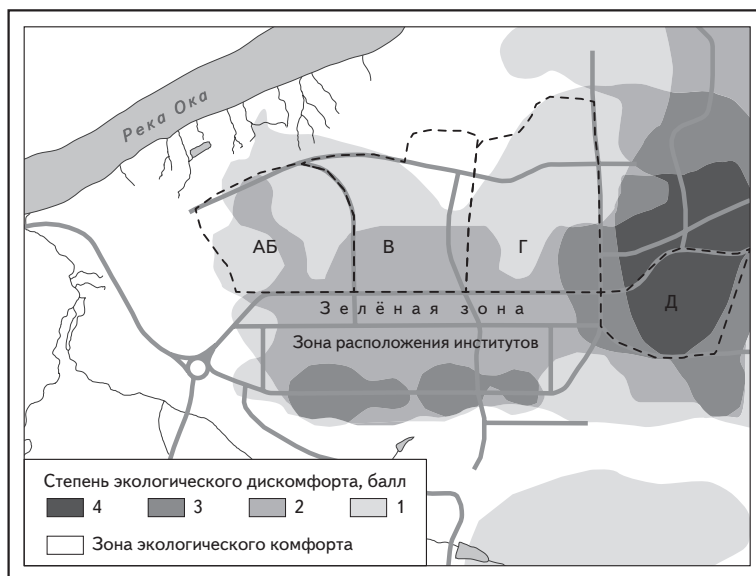


Рис. 2. Оценка экологического состояния территории г. Пущино и его окрестностей на основе дихотомии древесных пород.

(ФИБХ). Таким образом, есть предпосылки утверждать, что интенсивность биологической активности почв отражает воздействие экологических факторов на качество природной среды.

На основании полученных данных построена карта биологической активности образцов серой лесной почвы, помещённых в разрезы на различных участках города, показывающая влияние внешних факторов на величину БАП (рис. 3). Анализ взаимосвязи полученных данных с величиной дихотомии древесных культур на той же территории показал наличие средней связи (коэффициент корреляции БАП с общей дихотомией древесных культур $r = 0,4$).

Обработка полученных результатов по изучению морфогенетической меры нарушения стабильности развития – *флуктуирующей асимметрии* (ФА) свидетельствует о том, что величина ФА листьев берёзы на территории г. Пущино варьирует в пределах $0,023 \div 0,081$ при средней величине $0,048 \pm 0,010$ [7, 8]. Выделены зоны с максимальными значениями ФА (коэффициент ФА более 0,052), что свидетельствует об условно экологически неблагоприятном состоянии окружающей среды в отдельных участках города (рис. 4).

Регистрация модуля *магнитной индукции поля Земли* показала, что уровень напряжённости соответствует значению МЭП (международный эталон геомагнитного поля Земли) для рассматриваемой территории (52 112 нТл). Отмечено увеличение значений напряжённости с запада на восток от 51 300 нТл до 52 300 нТл (разница в 1000 нТл). Меньшая напряжённость зарегистрирована в микрорайоне «АБ», наибольшая – в «Д» (рис. 5). Выраженных аномалий не отмечено. Карта распределения напряжённости магнитного поля Земли на территории г. Пущино показала, что зона максимального экологического дискомфорта, выделенная на основе проведённого ранее анализа дихотомии древесных растений, совпадает с зоной повышенного значения модуля магнитной напряжённости Земли.

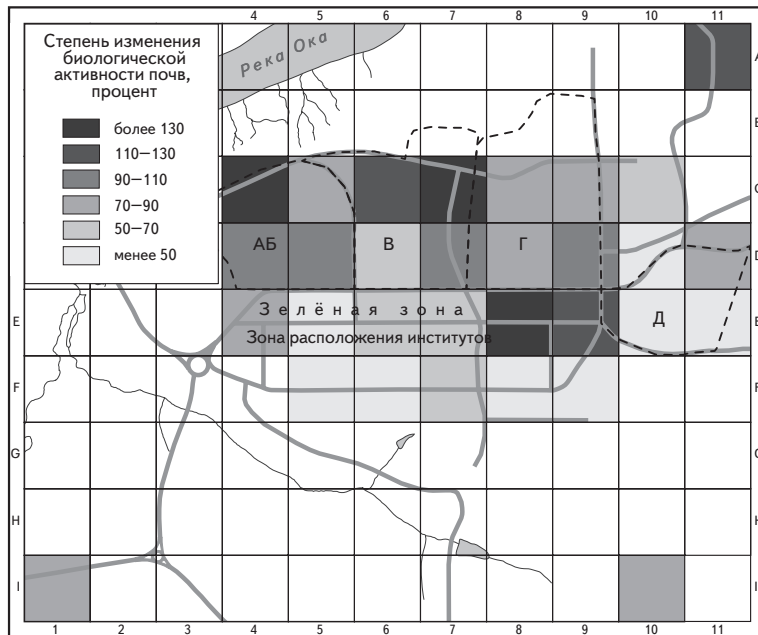


Рис. 3. Пространственное распределение величины биологической активности почвы на территории г. Пущино.

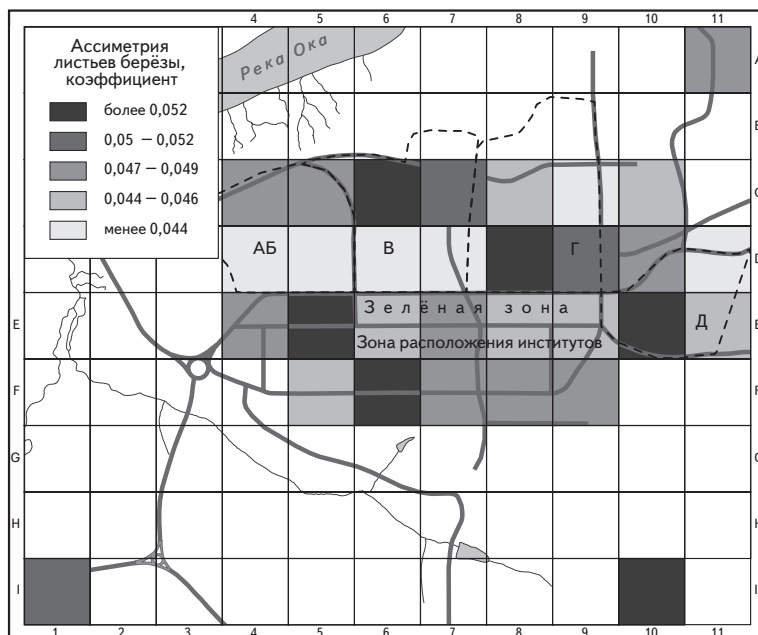


Рис. 4. Распределение показателя флуктуирующей асимметрии листьев берёзы на территории г. Пущино.

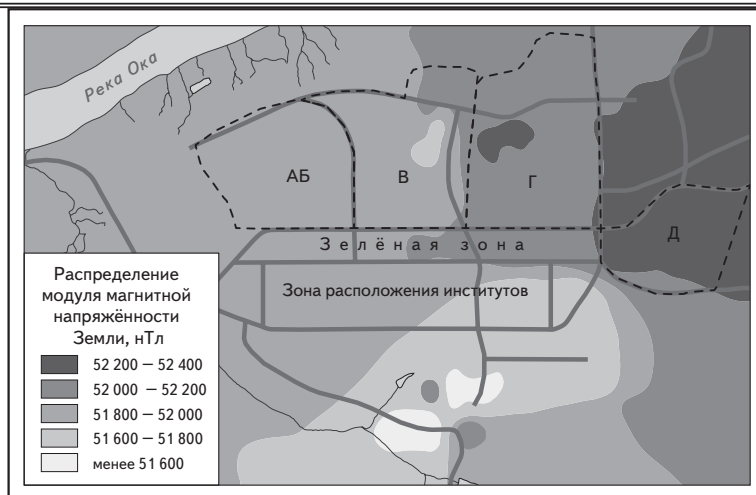


Рис. 5. Пространственное распределение показателя магнитной напряжённости (нТл) на территории г. Пушкино.

Анализ содержания ряда *тяжёлых металлов* в почвах города Пушкино показал, что превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) исследуемых элементов (меди, свинца, цинка и марганца) на территории города не обнаружено: средние значения концентрации по 32 отобраным образцам почвы (15–20 см) составили: 4,71 мг/кг (Cu), 3,76 (Pb), 8,73 (Zn) и 174 мг/кг (Mn). При этом содержание этих металлов за пределами города (Грызловский лес) составило, соответственно, 4,11 мг/кг (Cu), 1,76 (Pb), 8,40 (Zn) и 55,7 мг/кг (Mn). Отмечено также, что между концентрациями меди, свинца и цинка существует довольно тесная корреляция (коэффициент корреляции 0,60–0,65), в то время как между этими металлами и марганцем корреляция отсутствует (-0,05–+0,08), что свидетельствует о разных причинах повышенных концентраций этих тяжёлых металлов в почвах города [16].

По воздействию на здоровье населения ведущая роль в городах, как правило, принадлежит *автотранспорту* – до 60–80 % общего; для малых городов, в случае отсутствия промышленности, этот показатель также становится ведущим. На всех участках автомагистралей г. Пушкино был проведён учёт интенсивности транспортных потоков. По данным результатам была построена картосхема, отражающая интенсивность движения автотранспорта (рис. 6). При этом исследования содержания оксидов азота (NO₂) в атмосферном воздухе на перекрёстках с максимальной транспортной нагрузкой не выявили концентраций, превышающих предельно допустимые значения.

Таким образом, состояние окружающей среды города Пушкино было оценено по 6 параметрам: дихотомии деревьев, асимметрии листьев берёзы, биологической активности почв, содержанию тяжёлых металлов в почве, магнитной напряжённости и транспортной нагрузке. Для *интегральной оценки экологического состояния города Пушкино* каждый параметр оценивался по 5-балльной шкале. При этом некоторые параметры оценивались минимально, поскольку не превышали ПДК (содержание тяжёлых металлов в почве) или средних значений для данной территории (магнитная напряжённость). Результаты свидетельствуют, что степень нарушенности природной среды на территории г. Пушкино не превышает среднего значения (15) возможной максимальной суммы баллов: 6 (параметров) × 5 (максимальный балл) = 30 (максимальная



Рис. 6. Интенсивность движения автотранспорта по основным магистралям г. Пушкино.

сумма баллов). Полученная результирующая сумма баллов изменяется от 2 до 15; её ранжировали на 3 градации: минимальная (<5), незначительная (5–10) и ниже среднего (>10). На основании проведённой оценки выделены зоны максимального экологического комфорта на территории г. Пушкино – это микрорайон «АБ» (рис. 7).

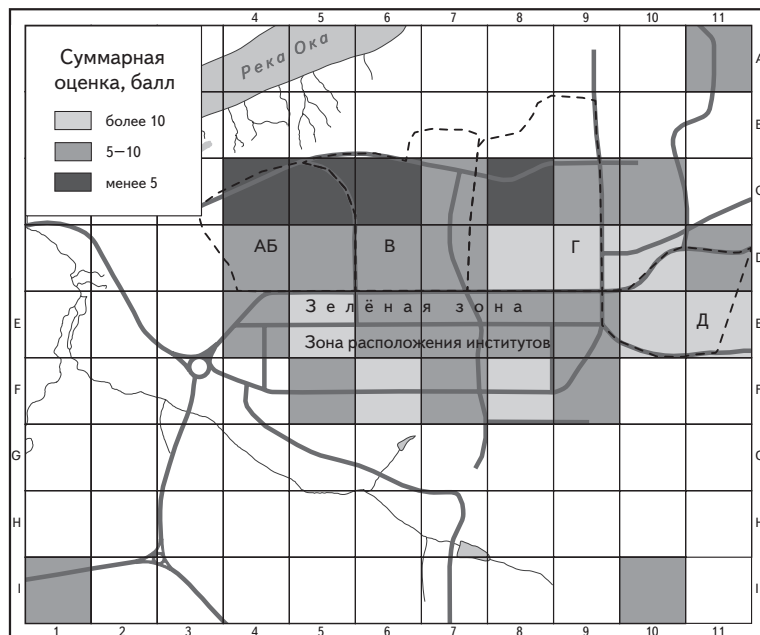


Рис. 7. Интегральная оценка состояния окружающей природной среды г. Пушкино.

Следует отметить, что выделенная зона максимального экологического комфорта примыкает к месту первого поселения славян-вятичей на данной территории (Тешиловское и Пущинское городища) и предшественнику города – деревне Пущино (см. рис. 1)

Оценка состояния здоровья населения города Пущино. Здоровье населения анализировали по уровню заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ), пневмонией, ангиной, астмой, аллергическим ринитом и атопическим дерматитом за 2008–2009 гг. Относительно экологической обусловленности различных заболеваний высказываются разные мнения. Для населения города Пущино ранее [9] отмечалось, что только аллергические заболевания имеют высокую степень зависимости от качества окружающей среды. Острая же респираторная патология больше зависит от возраста пациентов, плотности и этажности проживания, то есть не отмечалась прямая зависимость этих заболеваний от экологических факторов.

Сравнительный анализ пространственного распределения показателей здоровья населения города и степени их проявления по микрорайонам показал, что средняя по городу заболеваемость варьировала от 3,4 случаев заболевших на 1000 человек по пневмонии до значения 230,7 по ОРВИ. Поэтому для комплексной количественной оценки заболеваемости населения по микрорайонам города показатели были переведены в относительные величины – отклонения от среднего значения соответствующего заболевания в целом по городу, выраженного в процентах. В соответствии с методикой квалиметрической оценки [1] была разработана шкала распределения баллов по градациям:

< 85 %	-2
85–95 %	-1
95–105 %	0
105–115 %	1
> 115 %	2

Большее отклонение от среднего уровня (принятого нами за условный «ноль») соответствует большему баллу как в положительную, так и в отрицательную стороны. Сумма баллов по каждому из анализируемых заболеваний даёт возможность оценить комплексную заболеваемость населения города (табл. 1).

Таблица 1. Балльная оценка заболеваемости населения по микрорайонам города

Микро-район	Баллы						
	ОРВИ	Пневмония	Ангина	Астма	Аллергический ринит	Атопический дерматит	Сумма баллов
АБ	-1	2	2	2	-2	-1	2
В	0	2	1	-1	2	0	4
Г	0	-2	-1	0	0	0	-3
Д	1	-2	-2	-1	1	1	-2

Диапазон суммы баллов может составлять от -12 до +12, при этом максимальное значение этой оценки (12 баллов) свидетельствовало бы о крайне неудовлетворительном состоянии здоровья.

В соответствии с суммой баллов для построения карты (рис. 8) была разработана шкала оценки уровня заболеваемости населения:

- 12 ÷ -7 – низкий;
- 7 ÷ -2 – ниже среднего;
- 2 ÷ 2 – средний;
- 2 ÷ 7 – выше среднего;
- 7 ÷ 12 – высокий.

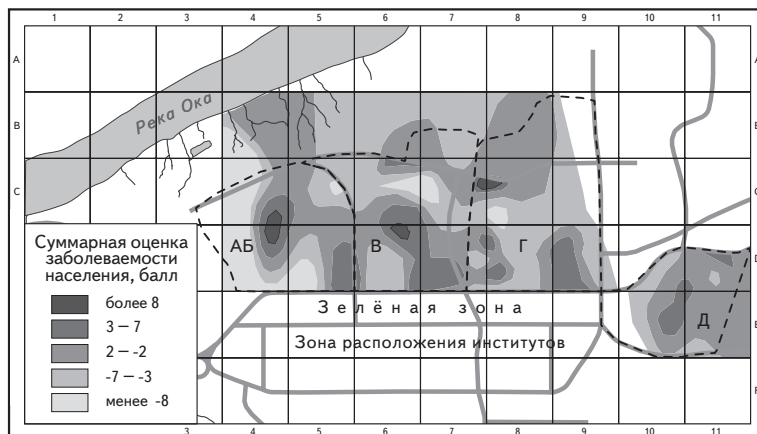


Рис. 8. Комплексная оценка заболеваемости населения г. Пущино по микрорайонам.

Полученная оценка свидетельствует о том, что в целом здоровье населения существенно отличается по микрорайонам. Так, в микрорайоне «В» заболеваемость выше в среднем по городу, а здоровье населения оценено как «ниже среднего».

Анализ влияния качества окружающей природной среды на здоровье населения. Для выяснения связи экологического состояния природной среды с заболеваемостью населения города Пущино использовали корреляционный анализ.

При расчётах коэффициентов корреляции между оценками состояния окружающей среды и заболеваемостью населения на уровне отдельных жилых домов (k_1) и квадратов регулярной сетки (k_2) значимых коэффициентов не выявлено ($k_1=0,04$, $k_2<0,04$, соответственно).

Поэтому следующим этапом была попытка выяснения взаимосвязи между показателями состояния окружающей среды и здоровьем населения на уровне микрорайонов (табл. 2).

Таблица 2. Интегральная балльная оценка состояния окружающей природной среды и здоровья населения на уровне микрорайонов города Пущино

Микрорайон	Оценка состояния окружающей среды, балл	Оценка заболеваемости населения, балл
АБ	4,75	-2
В	6,5	0
Г	8,4	-1
Д	12,8	0

При таком обобщении информации на более высоком уровне – по микрорайонам города – выявлена значимая корреляционная связь ($k=0,65$). Коэффициент детерми-

нации (квадрат корреляционного коэффициента), отражающий вклад фактора в исследуемый процесс, – 0,42.

Такая ситуация может быть объяснена тем обстоятельством, что определение экологических параметров и конкретные места проживания населения при точечном анализе пространственно не совпадают. В то же время при генерализации результатов по микрорайонам данные по состоянию окружающей среды и здоровью населения пространственно сопрягаются более плотно.

Следует отметить также, что изменения в состоянии здоровья населения, обусловленные воздействием факторов окружающей среды, методологически изучать достаточно сложно в силу множественности воздействующих факторов. Структура первичной заболеваемости по микрорайонам во многом определяется различиями по возрасту и плотности проживания населения. Например, наиболее молодой возраст и наивысшая плотность населения приходится на микрорайон «Д», что в какой-то степени обусловило более высокие показатели первичной заболеваемости ОРВИ. Более пожилой контингент проживает в микрорайоне «В», и это внесло свой вклад в оценку заболеваемости в целом по городу как выше среднего по интегральному показателю. Миграция населения также вносит своё влияние на состояние здоровья современных жителей города. Формирование здоровья многих жителей происходило в других населённых пунктах (особенно это касается родившихся до 1966 г., когда сформировался город Пущино из приезжих специалистов и членов их семей). Следует иметь в виду также значительное число жителей, работающих за пределами г. Пущино (в Серпухове и Москве).

Тем не менее, проведённый комплексный анализ состояния окружающей природной среды и уровня заболеваемости жителей малого города России, не выделяющегося значительными антропогенными нагрузками, показал, что даже в этих условиях следует учитывать существенный риск здоровью населения, обусловленный влиянием окружающей природной среды.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность д.б.н., чл.-корр. РАН А.О. Алексееву за предоставление полевого оборудования для анализа напряжённости геомагнитного поля, д.б.н. Б.А. Ревичу, д.б.н., чл.-корр. РАН В.М. Захарову и начальнику отдела экономики Администрации г. Пущино Т.В. Танцевой за ценные замечания, высказанные в ходе обсуждения материалов публикации, а также сотрудникам лаборатории ландшафтной экологии ИФПБ РАН Т.Г. Оспенниковой, Т.Д. Демидовой, О.В. Юриной и магистранту ПуцГУ О.В. Калугиной за огромную работу по сбору и обработке полевого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические методы. М.: Мысль, 1975. 287 с.
2. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами // Микробиология. 1961. Т. 30. № 4. С. 665–672.
3. Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю. Флуктуирующая асимметрия крадиометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиоактивного неблагополучия // Экология. 2001. №1. С. 44–49.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». М.: МПР России, 2015 (http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad_2015.pdf).

5. Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
6. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методы оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 30 с.
7. Калугина О.Г., Присяжная А.А., Снакин В.В. Комплексная оценка экологического состояния территории // Материалы Всерос. науч. конф. «Биосфера – почвы – человечество: устойчивость и развитие». М.: Фонд «Инфосфера» – НИИ-Природа, 2011. С. 155–167.
8. Калугина О.Г., Снакин В.В., Присяжная А.А., Митенко Г.В. Оценка качества городской среды по флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Бюлл. МОИП. Отдел биологический. 2009. 114 (3), прил.1, ч. 1. С. 403–406.
9. Косякова Н.И. Здоровье и система эндоэкологической иммунореабилитации городского населения. Пущино, 1997. 140 с.
10. Кравченко Д.С., Снакин В.В. Ландшафтно-экологический подход к исследованию геопатогенеза // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2008. №1. С. 23–27.
11. Мельников Е.К., Рудник В.А., Мисийчук Ю.И., Рымарев В.И. Патогенное воздействие зон активных разломов земной коры Санкт-Петербургского региона // Геоэкология. 1994. №4. С. 50–69.
12. Присяжная А.А., Снакин В.В., Митенко Г.В., Хрисанов В.Р. Биологическая активность почв как индикатор экологического состояния территории // Бюлл. МОИП. Отдел биологический. 2009. Т. 114 (3), прил. 1, ч. 2. С. 280–282.
13. Присяжная А.А., Юрин В.О., Митенко Г.В. Показатели качества окружающей среды и качества жизни населения России // Использование и охрана природных ресурсов России. 2006. № 6. С. 139–144.
14. Радченко А.В., Телицын В.Л., Мартынов О.С., Петровский В.А., Васильев Ю.В. Геодинамика платформенных областей и эффекты её проявлений / Под ред. В.М. Матусевича. Тюмень: Поиск, 2005. 192 с.
15. Снакин В.В., Митенко Г.В., Присяжная А.А., Хрисанов В.Р., Юрин В.О. Карта суммарного антропогенного воздействия на экосистемы субъектов Российской Федерации // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2006. №1. С. 118–120.
16. Черничкин Р.В., Присяжная А.А., Митенко Г.В., Смартыгин С.Н. Оценка содержания тяжёлых металлов в почвах городских территорий (на примере города Пущино Московской области) // Глобальные экологические процессы: Материалы межд. науч. конф. / Под ред. В.В. Снакина. М.: Academia, 2012. С. 212–219.
17. Чистякова Е.К. Анализ стабильности развития в природных популяциях растений на примере берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида-биоиндикатора: Дис. на соиск. уч. ст. к.б.н. М., 1997. 23 с.

REFERENCES

1. Armand D.L. *The science of a landscape*. Fundamentals of the theory and logical-mathematical methods. 287 p. (Moscow: Mysl', 1975) (in Russian).
2. Vostrov I. S., Petrova A.N. Determination of soil biological activity by various methods. *Microbiology*. **30**(4), 665–672 (1961) (in Russian).
3. Gilev E.A., Nohrin D.Yu. Fluctuating asymmetry of craniometric features in an Eastern European voles from a zone of radioactive trouble. *Ecology*. **1**, 44–49 (2001) (in Russian).
4. *State report «On the state and on the protection of the environment of the Russian Federation in 2014»*. (Moscow : Ministry of Natural Resources of Russia, 2015) (http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad_2015.pdf) (in Russian).

5. Zakharov V.M. *Asymmetry of animals*. 216 p. (Moscow: Nauka, 1987) (in Russian).
6. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I. *Health of the environment: methods of evaluation*. 30 p. (Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2000) (in Russian).
7. Kalugina O.G., Prisyazhnaya A.A., Snakin V.V. Comprehensive assessment of the ecological status of the territory. *Proceedings of the Scientific Conference Biosphere – Soils – Humankind: Sustainability and Development*. Pp. 155–167. (Moscow: «Infosphere» Foundation - NIA-Priroda, 2011) (in Russian).
8. Kalugina O.G., Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Mitenko G.V. Estimation of the quality of the urban environment by the fluctuating asymmetry of the birch leaves (*Betula pendula* Roth.). *Bulletin of the Moscow Society of Naturalist*. Biological department. **114**(3), App. 1, Part 1, 403–406 (2009) (in Russian).
9. Kosyakova N.I. *Health and system of endoecological immunorehabilitation of the urban population*. 140 p. (Pushchino, 1997) (in Russian).
10. Kravchenko D.S., Snakin V.V. Landscape-ecological approach to the study of geopathogenesis. *Use and protection of natural resources of Russia*. **1**, 23–27 (2008) (in Russian).
11. Melnikov E.K., Rudnik V.A., Misiychuk Yu.I., Rymarev V.I. Pathogenic impact of zones of active faults in the earth crust of the St. Petersburg region. *Geoecology*. **4**, 50–69 (1994) (in Russian).
12. Prisyazhnaya A.A., Snakin V.V., Mitenko G.V., Khrisanov V.R. Biological activity of soils as an indicator of the ecological state of the territory. *Bulletin of the Moscow Society of Naturalist*. Biological department. **114**(3), App. 1, Part 2, 280–282 (2009) (in Russian).
13. Prisyazhnaya A.A., Yurin V.O., Mitenko G.V. Indicators of environmental quality and quality of life of the population of Russia. *Use and protection of natural resources of Russia*. **6**, 139–144 (2006) (in Russian).
14. Radchenko A.V., Telitsyn V.L., Martynov O.S., Petrovsky V.A., Vasiliev Yu.V. *Geodynamics of platform areas and the effects of its manifestations*. 192 p. (Tyumen: Poisk, 2005) (in Russian).
15. Snakin V.V., Mitenko G.V., Prisyazhnaya A.A., Khrisanov V.R., Yurin V.O. Map of total anthropogenic impact on ecosystems of the Russian Federation. *Use and protection of natural resources of Russia*. **1**, 118–120 (2006) (in Russian).
16. Chernichkin R.V., Prisyazhnaya A.A., Mitenko G.V., Smarygin S.N. Evaluation of heavy metals in soils in urban areas (on the example of the city of Pushchino, Moscow Region). *Global Ecological Processes: Proceedings of the International Scientific Conference*. Ed. Pp. 212–219 (M.: Academia, 2012) (in Russian).
17. Chistyakova E.K. *Analysis of the stability of development in natural plant populations using the example of birch (*Betula pendula* Roth.) as a kind of bioindicator*. Abstract of dis. for PhD. (Biology). 23 p. (Moscow, 1997) (in Russian).