

УДК 504: 316

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2017

Состояние окружающей природной среды и риски здоровью населения (на примере малого города Пущино Московской области)

В. В. Снакин,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
г. Пущино,
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова,
Музей Землеведения,
г. Москва

А. А. Присяжная,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
г. Пущино

Н. И. Косякова,

больница ПНЦ РАН,
г. Пущино

Г. В. Митенко,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
г. Пущино

Аннотация

Цель работы — оценить степень риска здоровью населения, связанного с экологическими параметрами природной среды в отсутствие значимых промышленных нагрузок на примере небольшого города. Экологическое состояние определяли как по биоиндикационным показателям (морфозы древесной растительности, флуктуирующая асимметрия листьев, изменение биологической активности почвы в городских условиях), так и по конкретным физико-химическим величинам (загрязнение почв тяжелыми металлами, транспортная нагрузка и загрязнение воздуха, напряженность геомагнитного поля). Здоровье населения города оценивали по заболеваниям острыми респираторными инфекциями, пневмонией, ангиной, астмой, аллергическим ринитом и атопическим дерматитом. Взаимосвязь между интегральной оценкой экологического состояния города и здоровьем населения на уровне микрорайонов города оказалась существенной (коэффициент корреляции равен 0,65), свидетельствующей, что следует учитывать наличие риска здоровью человека от воздействия окружающей среды даже в условиях невысоких антропогенных нагрузок.

Ключевые слова: качество окружающей природной среды, дихотомия растений, флуктуирующая асимметрия, биологическая активность почвы, тяжелые металлы, транспортная нагрузка, геомагнитное поле, экологический риск, здоровье населения, риск здоровью населения.

Содержание

Введение

1. Объекты и методы исследований
2. Экологическое состояние окружающей природной среды г. Пущино
3. Оценка состояния здоровья населения г. Пущино
4. Анализ взаимосвязи экологического состояния окружающей природной среды и здоровья населения

Заключение

Литература

Введение

Жизнедеятельность и, соответственно, здоровье любого биологического вида теснейшим образом связаны с состоянием окружающей природной среды. В 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 насе-

ние, особенно на детей, отмечается в городах России с ухудшающимся качеством атмосферного воздуха: Благовещенск, Иркутск, Новокузнецк, Челябинск, Улан-Удэ и др. [1]. Но даже в отсутствие значительных аномалий и природного, и техногенного характера состояние окружающей природной среды обуславливает в существенной мере и поведение, и здоровье населяющих видов, включая человека.

Целью настоящей работы была попытка проследить взаимосвязь между экологическими параметрами природной среды и здоровьем населения в отсутствие существенных промышленных нагрузок и загрязнения природной среды на примере малого города Московской области Пущино, в котором разместились Пущинский научный центр РАН.

Согласно 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%.

Проведенный нами ранее анализ по данным государственной статистики для субъектов Россий-

ской Федерации [2, 3] 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. Отмеченное большее влияние экологических условий на здоровье населения, в сравнении с данными ВОЗ, всего скорее обусловлено характерным для нашей страны высоким уровнем техногенной нагрузки именно в местах с высокой плотностью населения.

1. Объекты и методы исследований

Работа проводилась на территории г. Пущино, расположенного в 120 км к югу от Москвы на высоком правом берегу реки Оки, на северной оконечности Средне-Русской возвышенности (рис. 1). Его жилую зону формируют 4 микрорайона: «АБ», «В», «Г» и «Д». Население г. Пущино 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.



Рис. 1. Город Пущино [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/maps/217/pushino/?clid=2175661&ll=37.599057%2C54.833074&z=14&l=sat%2Cskl> (дата обращения: 05.09.2016)

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.

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 тяжелыми металлами, загрязнение воздуха, напряженность геомагнитного поля).

Для оценки степени дискомфортности природной среды исследовали *морфозы древесной растительности*, преимущественно *дихотомию*, то есть форму ветвления у растений. Различают два вида ветвления — дихотомическое и моноподиальное. При дихотомическом, или вильчатом, ветвлении точка роста делится на две новые точки роста, обычно дающие почти одинаковые по длине и толщине ветви второго порядка, которые, в свою очередь, могут делиться на ветви третьего порядка и т.д. Иначе говоря, образуется дерево, имеющее расщепление на два и более ствола в какой-либо точке роста. Породы деревьев, выбранные для учета морфозов, — береза, сосна, липа и дуб — относятся к наиболее представительным ценозообразователям территории исследования. Выбор дихотомии обусловлен упоминаниями многих авторов [4, 5 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. Была разработана методика анализа дихотомии, важным моментом которой стала пространственная привязка. Для этого базовым элементом деления пространства нами был выбран квадрат со стороной 250 м, внутри которо-

го анализировали состояние каждого дерева. 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 [6]. Были выбраны квадраты с городской застройкой как наиболее интересные для оценки качества окружающей среды, а также крайние квадраты на карте города для определения изменения показателей в пространстве.

Для оценки состояния почвенной микробиоты на территории города изучали изменение биологической активности зональной (серой лесной) почвы, помещенной в разрез городской почвы в контейнерах. Биологическую активность почв (БАП) определяли по методу И.С. Вострова и А.Н. Петровой [7], 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 (хлопчатобумажная 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 [8]. 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 тяжелых 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 корреляции 0,94), а также влажности почвенного образца в контейнере. Степень разложения индикаторного материала отражает напряженность хода микробиологических процессов в контейнере, зависящих от условий конкретного места размещения контейнера. В целях сопоставления и сравнения информации закладка контейнеров производилась равномерно на территории г. Пушкино и его окрестностей, разбитой на квадраты 250 × 250 м, по пять контейнеров на каждый квадрат.

Экологическое состояние территории города оценивали также по *флуктуирующей асимметрии листьев* березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в соответствии с методикой [9]. Флуктуирующая асимметрия (ФА) — это наследственно недетерминированные 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 [10]. Оценка уровня ФА в качестве индикатора экологического состояния территорий при различных стрессирующих воздействиях среды неоднократно применялась не только на различных растениях, но и на животных [11, 12].

Для анализа влияния *напряженности 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 проведен при условии минимизации воздействия антропогенных источников магнитной напряженности (источники электрических полей промышленного назначения).

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

Распространенность заболеваемости среди населения города оценивали по следующим заболеваниям: острая респираторная вирусная инфекция (ОРВИ), пневмония, ангина, астма, аллергический ринит и атопический дерматит за 2008—2009 гг. по данным Больницы ПНЦ РАН. Уровень распространенности заболеваемости рассчитывали по числу случаев заболевания в пересчете на 1000 человек. Показатель болезненности, или морбидности, отражает распространенность заболеваний, которая определяется соотношением числа заболеваний за год, умноженного на 1000 и де-

ленного на численность населения или всего, или данного возраста, и часто рассматривается в качестве критерия состояния здоровья, особенно на популяционном уровне.

Для сравнения экологического состояния природной среды с заболеваемостью населения территория города была покрыта регулярной сеткой с постоянным размером ячеек 250 × 250 м [6]. В каждой ячейке по каждому исследуемому параметру были вычислены средние значения, по которым проведен анализ корреляционной связи между заболеваемостью населения и параметрами состояния окружающей среды.

2. Экологическое состояние окружающей природной среды г. Пущино

На основании количественного учета *морфозов древесной растительности* (дихотомии) на территории города подготовлены карты распределения полей дихотомии березы, сосны, липы и дуба (рис. 2), а также проведено предварительное зонирование экологической комфортности территории города по этому показателю (рис. 3).

Анализ *биологической активности почвы* (БАП) показал, что величина разложения индикаторного материала изменялась в широком диапазоне: от 2% до почти полного распада (рис. 4). Влияния 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.

На основании полученных данных построена карта изменения биологической активности образцов серой лесной почвы, помещенной в различных участках города (рис. 5), показывающая влияние внешних факторов на величину БАП. 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 $r = 0,4$).

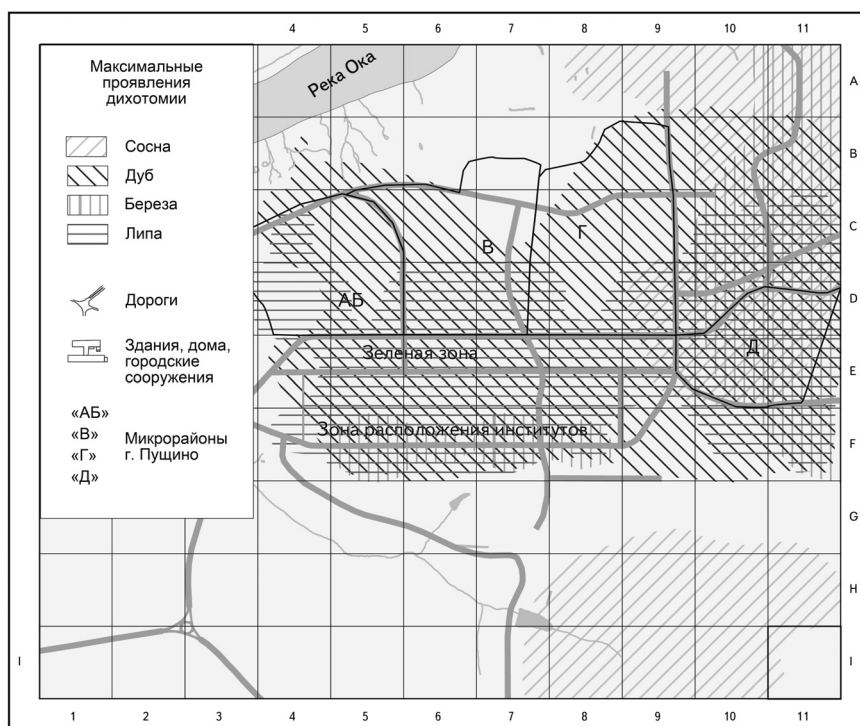


Рис. 2. Зоны максимального проявления дихотомии у различных пород деревьев [6]

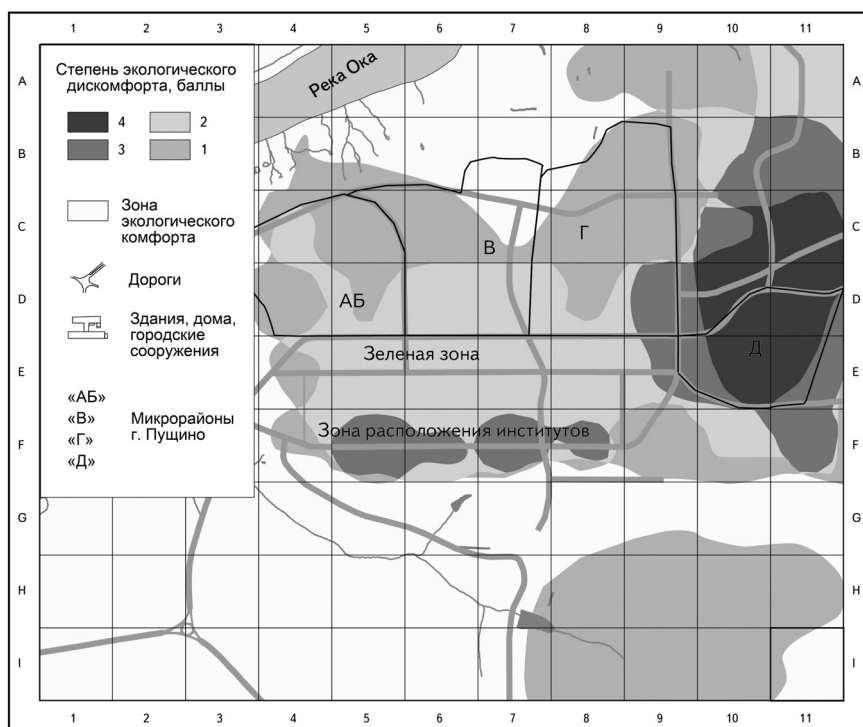


Рис. 3. Оценка экологического состояния территории г. Пущино и его окрестностей на основе дихотомии древесных пород



Рис. 4. Степень разрушения хлопкового материала в образцах зональной серой лесной почвы, помещенных в контейнерах в различных микрорайонах г. Пушкино (5-кратная повторность)

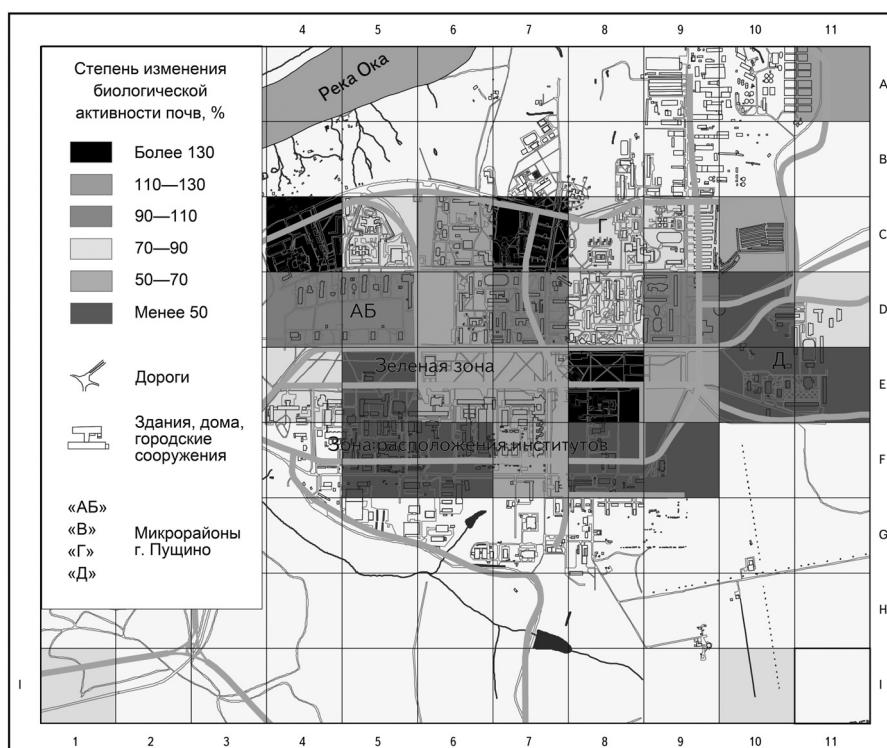


Рис. 5. Изменение величины биологической активности серой лесной почвы на территории г. Пушкино

Уменьшение биологической активности почвы более чем на 50% было отмечено в квадратах промышленной зоны города.

Учитывая особенность методики проведенного эксперимента, полученные данные можно рассматривать как оценку экологического риска для почвенных микроорганизмов естественной среды обитания (зональная почва из широколиственного леса), оказавшихся на городской территории. И этот риск оказался наибольшим в зоне расположения институтов и микрорайоне «Д». Микрорайон «АБ» и часть микрорайона «В» оказались более благоприятными для почвенной биоты.

Несмотря на несколько различный характер распределения величин биологической активности почв и дихотомии деревьев на территории г. Пушкино, совместный анализ полученных карт позволяет сделать вывод о наличии взаимосвязанности изменений биологической активности почв и дихотомии деревьев, поскольку исследуемые параметры имеют также и общие черты пространственного распреде-

ления (тенденция к увеличению в жилой зоне микрорайона «Д» и уменьшению на окраинах города).

Обработка полученных 3020 результатов по изучению морфогенетической меры нарушения стабильности развития — флуктуирующей асимметрии (ФА) свидетельствует о том, что величина ФА листьев березы на территории г. Пушкино варьирует в пределах $0,023 \div 0,081$ при средней величине $0,048 \pm 0,010$ [13, 14]. На основании полученных данных с помощью геоинформационной системы ArcView GIS 3.2 и программного модуля Spatial analysis были построены карты распределения величины флуктуирующей асимметрии листьев березы (рис. 6). Выделены зоны с максимальными значениями ФА (коэффициент ФА более 0,052), которые свидетельствуют об условно экологически неблагоприятном состоянии окружающей среды в отдельных участках города.

Регистрация модуля магнитной индукции поля Земли показала, что уровень напряженности соответствует значению МЭГП (международный

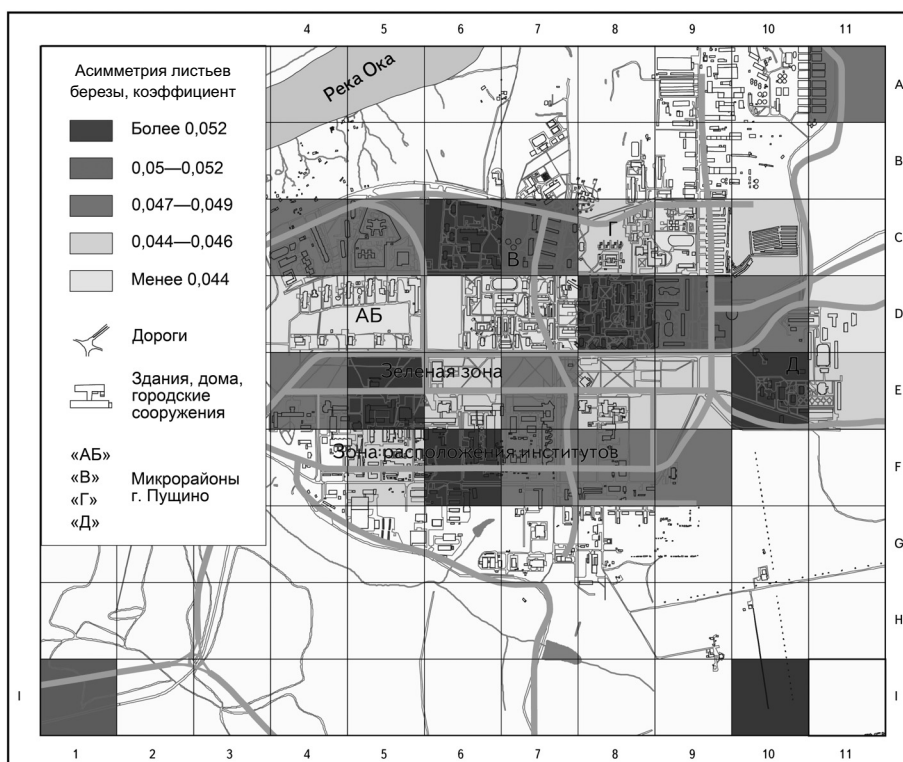


Рис. 6. Распределение показателя флуктуирующей асимметрии листьев березы на территории г. Пушкино

эталон геомагнитного поля Земли) для рассматриваемой территории (52 112 нТл). Отмечено увеличение значений напряженности с запада на восток от 51 300 нТл до 52 300 нТл (разница в 1000 нТл). Меньшая напряженность зарегистрирована в микрорайоне «АБ», наибольшая — в «Д» (рис. 7). Выраженных аномалий не отмечено. Карта распределения напряженности магнитного поля Земли на территории г. Пущино показала, что зона максимального экологического дискомфорта, выделенная на основе проведенного ранее анализа дихотомии древесных растений, совпадает с зоной повышенного значения модуля магнитной напряженности Земли.

Пространственное распределение данных по содержанию ряда тяжелых металлов в почвах г. Пущино показано на рис. 8. Превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) исследуемых элементов (меди, свинца, цинка и марганца) на территории города не обнаружено: средние значения концентрации по 32 отобранным 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 (Грызовский 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 повышения концентраций этих тяжелых металлов в почвах города [15].

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. Пущино был проведен учет интенсивности транспортных потоков. По данным результатам была построена картосхема, отражающая интенсивность движения автотранспорта (рис. 9). При этом исследования содержания

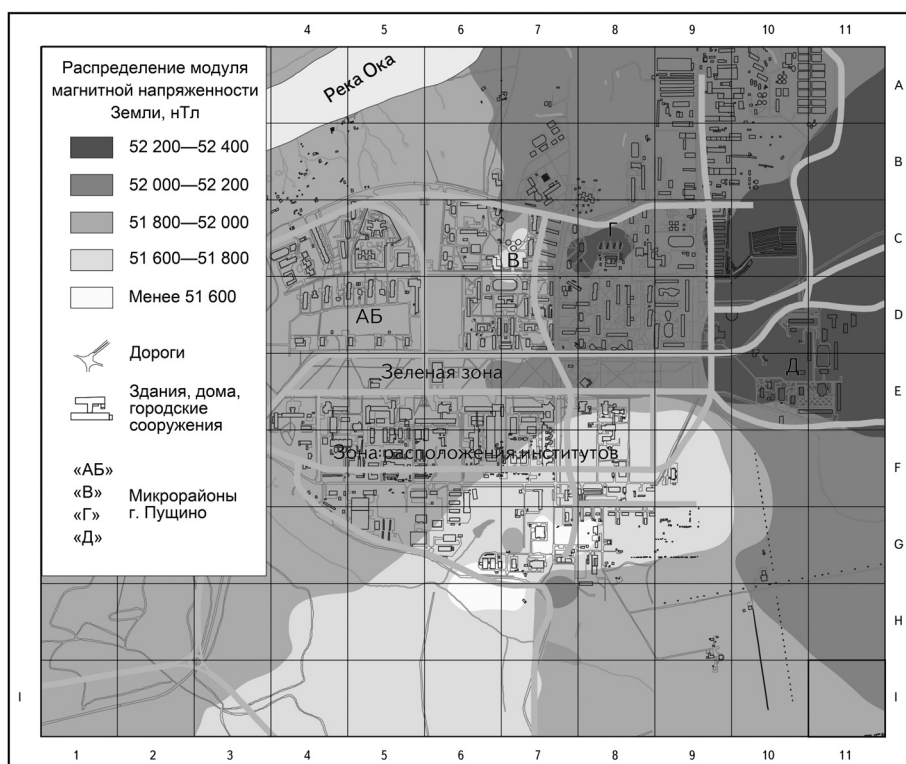


Рис. 7. Пространственное распределение показателя магнитной напряженности (нТл) на территории г. Пущино

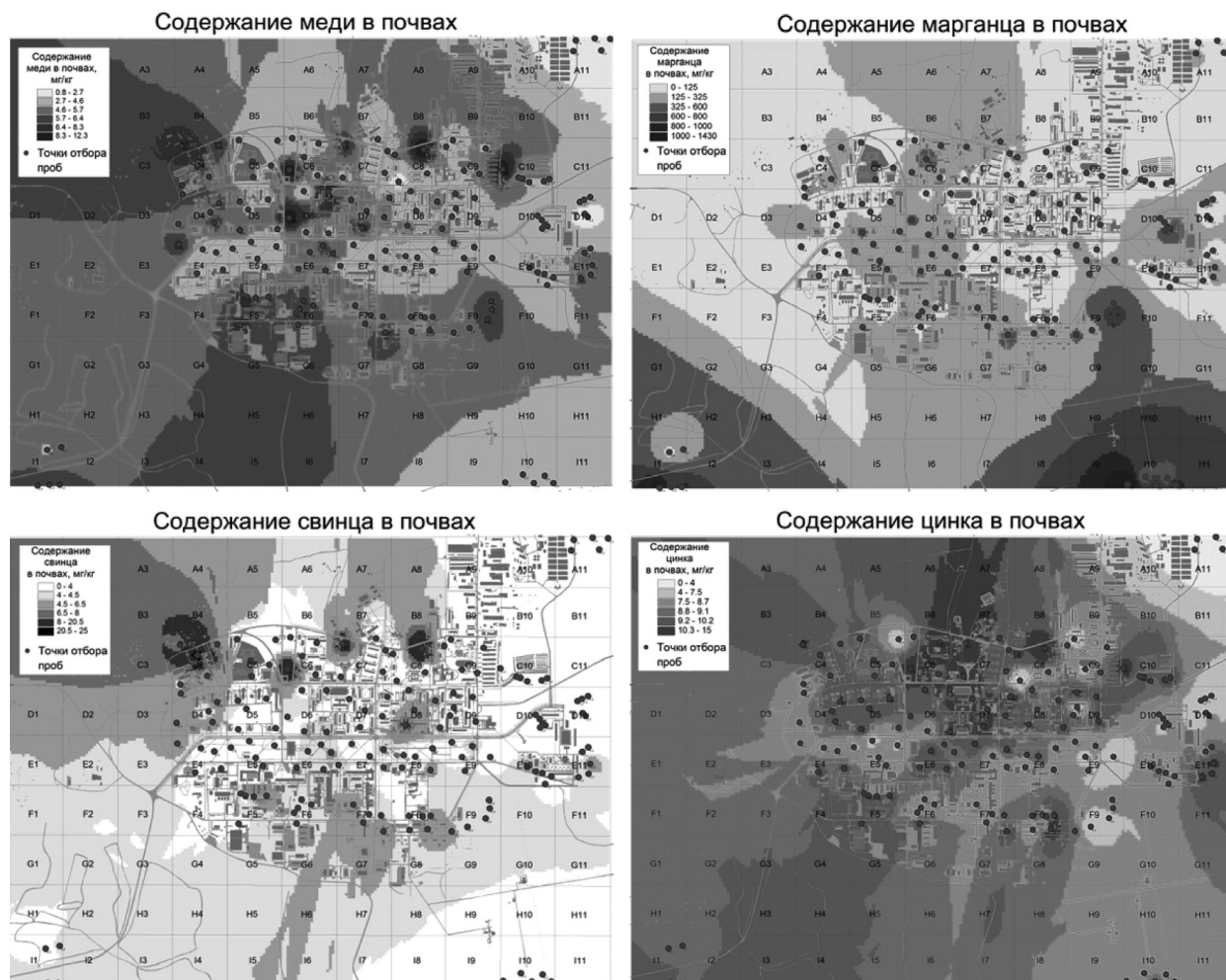


Рис. 8. Распределение концентраций меди, марганца, свинца и цинка в почвах г. Пушкино (глубина отбора проб 15—20 см)

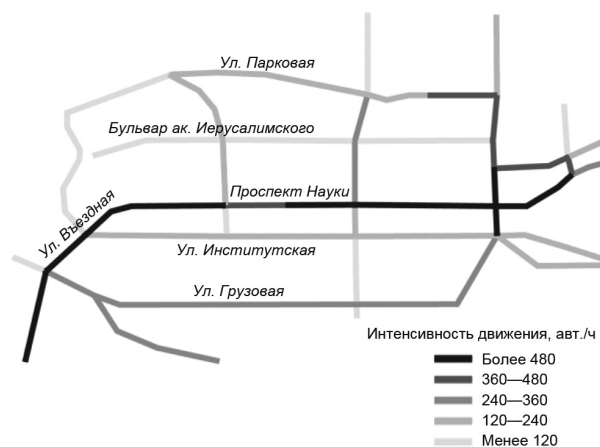


Рис. 9. Интенсивность движения автотранспорта по основным магистралям г. Пушкино

оксидов азота (NO_2) в атмосферном воздухе на перекрестках с максимальной транспортной нагрузкой не выявили концентраций, превышающих предельно допустимые значения.

Таким образом, состояние окружающей среды г. Пушкино было оценено по 6 параметрам: дихотомии деревьев, асимметрии листьев березы, биологической активности почв, содержанию тяжелых металлов в почве, магнитной напряженности и транспортной нагрузке. Для интегральной оценки экологического состояния г. Пушкино каждый параметр оценивался по 5-балльной шкале. При этом некоторые параметры оценивались минимально, поскольку не превышали ПДК (содержание тяжелых металлов в почве) или средних значений

для данной территории (магнитная напряженность). Результаты свидетельствуют, что степень нарушенности природной среды на территории г. Пущино не превышает среднего значения (15) возможной максимальной суммы баллов: $6 \text{ (параметров)} \times 5 \text{ (максимальный балл)} = 30 \text{ (максимальная сумма баллов)}$. Полученная результирующая сумма баллов изменяется от 2 до 15, которую ранжировали на 3 градации: минимальная (< 5), незначительная ($5\text{—}10$) и ниже среднего (> 10). Таким образом, на основании проведенной оценки выделены зоны максимального экологического комфорта на территории г. Пущино — это микрорайон «АБ» (рис. 10).

Следует отметить, что выделенная зона максимального экологического комфорта примыкает к местам первых поселений славян-вятичей на данной территории (Тешилоское и Пущинское городища) и предшественнику города — селу и усадьбе Пущино (см. рис. 1).

3. Оценка состояния здоровья населения г. Пущино

Здоровье населения анализировали по уровню заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ), пневмонией, ангиной, астмой, аллергическим ринитом и атопическим дерматитом за 2008—2009 гг. Данные табл. 1 показывают, что основная часть заболеваний (69,2%) относится к ОРВИ.

Анализ по возрастному распределению заболеваемости за 2 года наблюдения (табл. 2) показал, что почти половину больных ОРВИ составляют молодые люди в возрасте до 20 лет, более трети — люди в работоспособном возрасте. Пневмонией преимущественно болеет взрослое население. Более половины заболевших ангиной — молодежь и немного менее — трудоспособное население. Заболеваемость астмой распределилась практически равномерно по всем возрастным группам; практически половина из всех заболевших аллергическим ринитом — тру-

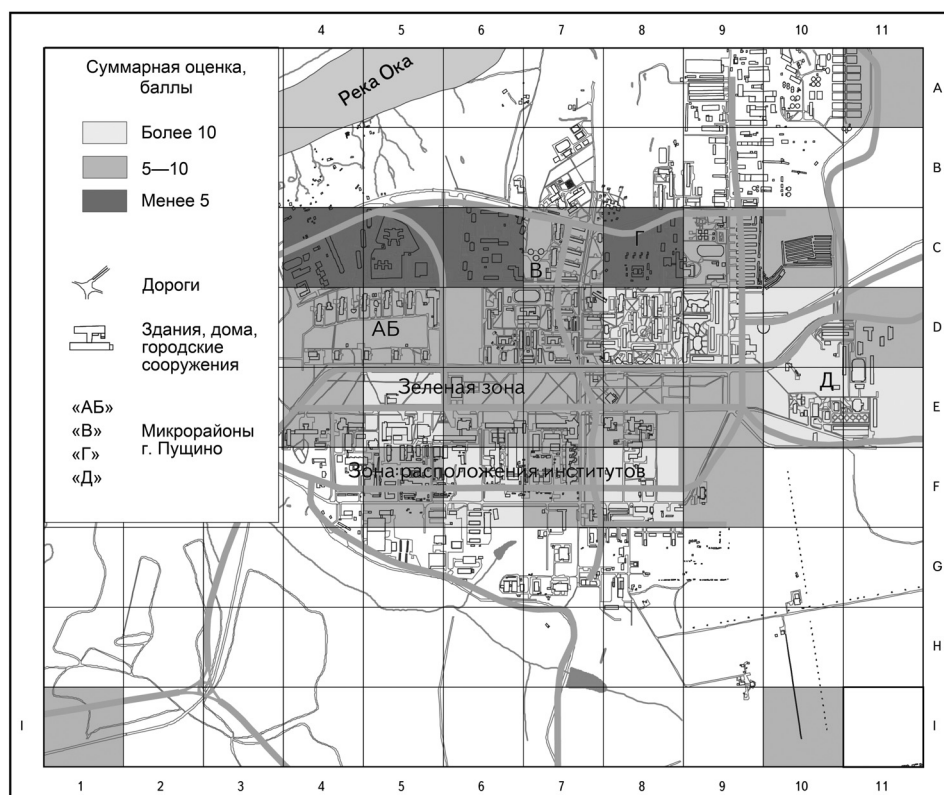


Рис. 10. Интегральная оценка состояния окружающей природной среды г. Пущино

доспособное население. Подавляющее большинство заболевших атопическим дерматитом (89%) — это люди до 20 лет, причем 73% — дети до 10 лет.

Сравнительный анализ пространственного распределения заболеваемости населения города и степени проявления заболеваний по микрорайонам (рис. 11) показал, что средняя по городу заболеваемость варьировала от 3,4 случая заболевания на 1000 человек по пневмонии до значения 230,7 по ОРВИ (рис. 12). Поэтому степень проявления каждого из заболеваний оценивали по относительным величинам, рассчитанным как отношение к минимальному значению конкретного показателя заболеваемости, принятого за единицу. Как видно из графиков, самая высокая заболеваемость по ОРВИ наблюдается на территории микрорайона «Д» (на 24% больше, чем в микрорайоне «АБ»); по пневмонии — в микрорайонах «В» и «АБ» (соответственно на 77 и 65% больше, чем в микрорайонах «Г» и «Д»); по ангине — в микрорайоне «АБ» (на 68% больше, чем в микрорайоне «Д»); по астме — в микрорайоне «АБ» (на 32% больше, чем в микрорайонах «В» и «Д»); по аллергическому риниту — в микрорайоне «В» (на 45% больше, чем в микрорайоне «АБ»); по атопическому дерматиту заболеваемость в микрорайонах «АБ», «В» и «Г»

практически одинаковая, лишь на территории микрорайона «Д» выше на 24%.

Относительно экологической обусловленности различных заболеваний высказываются разные мнения. Для населения г. Пушкино ранее [16] 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.

Для комплексной количественной оценки заболеваемости населения по микрорайонам города показатели по заболеваемости были переведены в относительные величины — отклонения от среднего значения соответствующего заболевания в целом по городу, выраженного в процентах. В соответствии с методикой квалиметрической оценки [17] была разработана шкала распределения баллов по градациям:

< 85%	— -2;
85—95%	— -1;
95—105%	— 0;
105—115%	— 1;
> 115%	— 2.

Заболеваемость населения города, число заболеваний

Таблица 1

Микрорайон	Кол-во жителей	ОРВИ	Пневмония	Ангина	Астма	Аллергический ринит	Атопический дерматит
АБ	2990	603	13	22	236	46	19
В	4707	1012	22	32	282	103	31
Г	7343	1710	19	39	510	138	50
Д	5098	1275	14	22	306	102	39

Возрастное распределение заболеваемости населения города, %

Таблица 2

Возраст, лет	ОРВИ	Пневмония	Ангина	Астма	Аллергический ринит	Атопический дерматит
До 20	49	22	53	30	29	89
20—60	39	43	43	36	47	10
Более 60	12	35	4	34	24	1

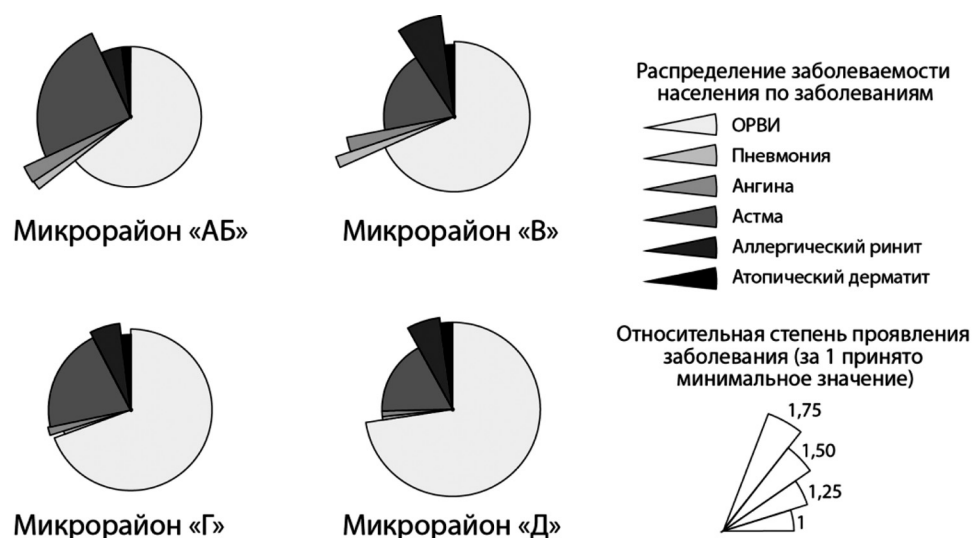


Рис. 11. Распределение заболеваемости населения по микрорайонам города

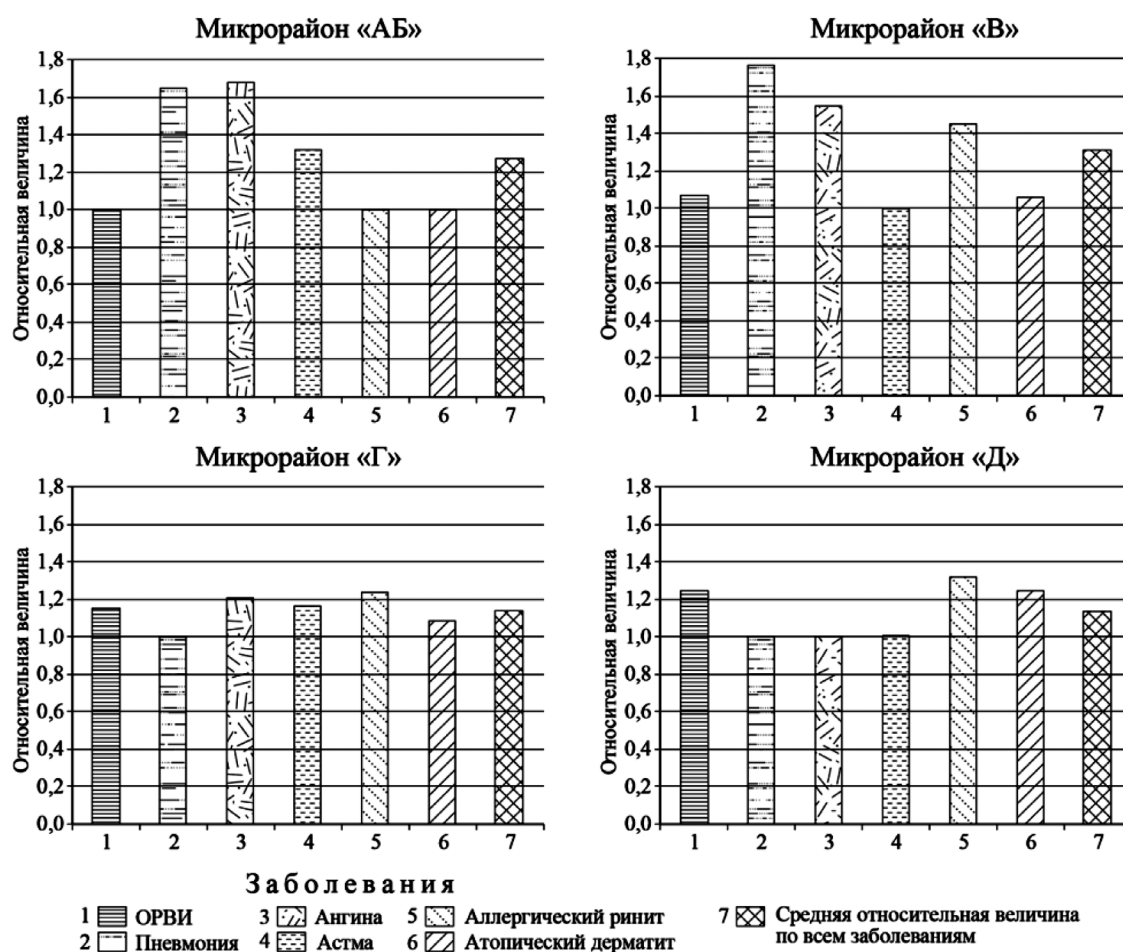


Рис. 12. Относительная степень проявления заболеваний по микрорайонам города

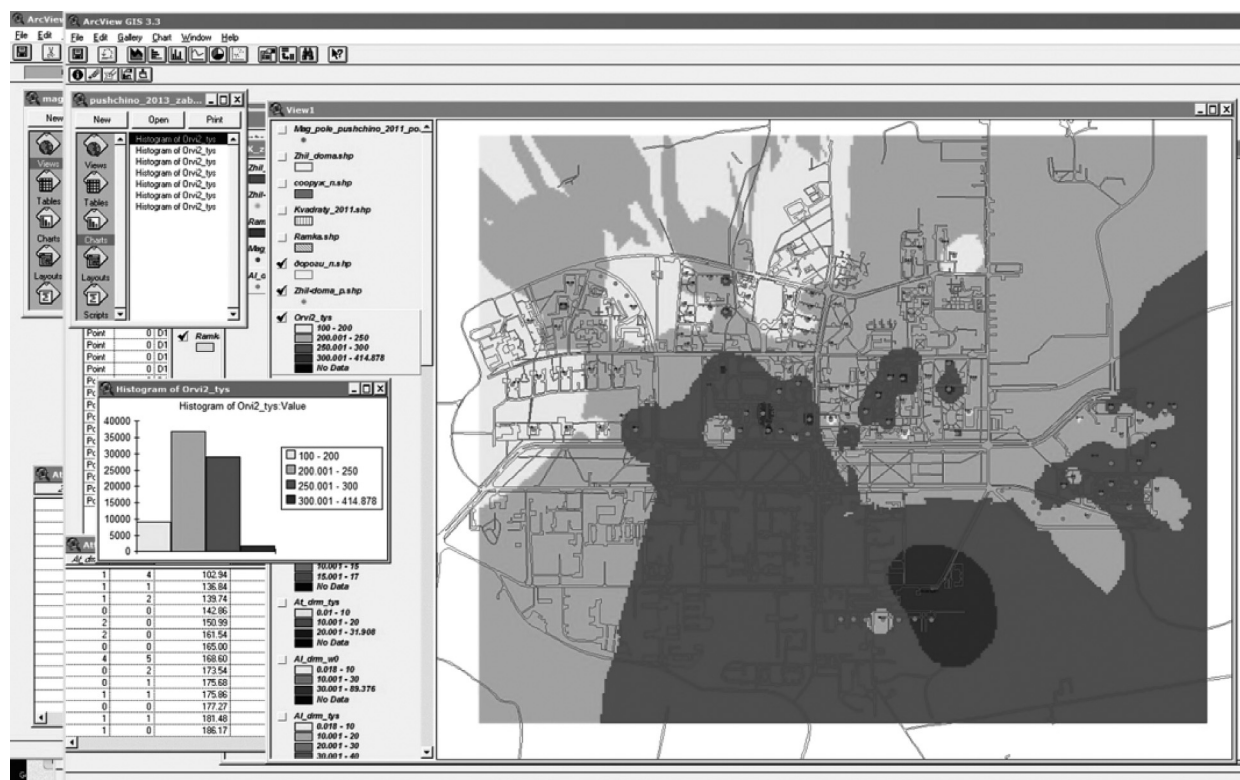


Рис. 13. Заболеваемость жителей г. Пуцино ОРВИ (число заболевших на 1000 чел.) согласно данным по отдельным жилым домам

Большее отклонение от среднего уровня (принятого нами за условный ноль) соответствует большому баллу как в положительную, так и в отрицательную стороны. Сумма баллов по каждому из анализируемых заболеваний дает возможность оценить комплексную заболеваемость населения города (табл. 3).

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. 14) была разработана шкала оценки уровня заболеваемости населения:

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

Балльная оценка заболеваемости населения по микрорайонам г. Пуцино

Таблица 3

Микрорайон	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

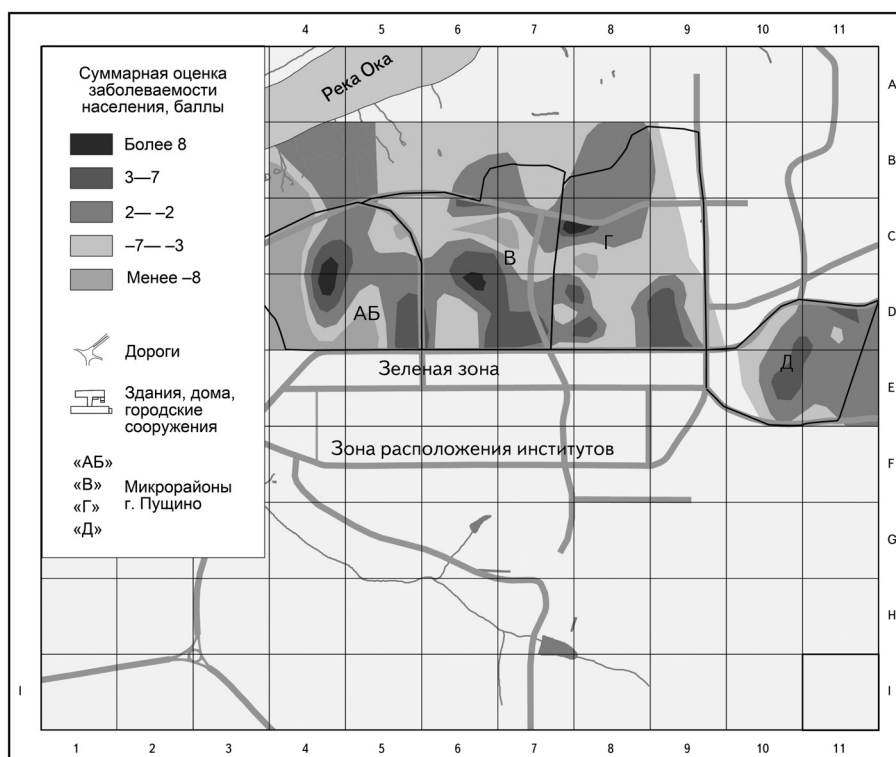


Рис. 14. Комплексная оценка заболеваемости населения г. Пущино

Полученная оценка свидетельствует о том, что в целом уровень заболеваемости населения различается по микрорайонам города. Так, в микрорайоне «В» заболеваемость выше, чем в среднем по городу.

4. Анализ взаимосвязи экологического состояния окружающей природной среды и здоровья населения

Выяснение связи экологического состояния природной среды с заболеваемостью населения г. Пущино проводили на основе корреляционного анализа. При расчетах коэффициентов корреляции между оценками состояния окружающей среды и заболеваемостью населения на уровне отдельных жилых домов (κ_1) и квадратов регулярной сетки (κ_2) значимых коэффициентов не выявлено ($\kappa_1 = 0,04$, $\kappa_2 \leq 0,04$ соответственно).

Поэтому следующим этапом была попытка выяснения взаимосвязи между показателями состояния окружающей среды и здоровьем населения на более крупном уровне обобщения — уровне микрорайонов (табл. 4).

При таком обобщении информации на более высоком уровне, по микрорайонам города, выявлена значимая корреляционная связь ($\kappa = 0,65$). Коэффициент детерминации (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 данных 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.

Интегральная балльная оценка состояния окружающей природной среды и заболеваемости населения на уровне микрорайонов г. Пущино Таблица 4

Микро-район	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

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 имеет свое влияние на состояние здоровья современных жителей города. Формирование здоровья многих жителей происходило в других населенных пунктах (особенно это касается родившихся до 1966 г., когда сформировался г. 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).

Заключение

Проведенный 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. Коэффициент корреляции между интегральной оценкой состояния окружающей природной среды и здоровьем населения по микрорайонам г. Пущино составил 0,65. Основной вклад в заболеваемость жителей города вносят острые респираторные вирусные инфекции (около 70%).

Следует также отметить приуроченность более благоприятных экологических оценок и меньшей заболеваемости к территориям, примыкающим к местам древних поселений (г. Тешилов и Пущинское городище) и предшественнику города — селу Пущино. Эти же территории оказались более благоприятными и для почвенной биоты, привнесенной в городскую почву в ходе проведенных экспериментов из естественного широколиственного леса (по величине БАП).

Полученные оценки экологического риска для здоровья человека и природной среды в условиях малого города необходимо учитывать при разработке государственной экологической политики в стране.

Литература

1. 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)
2. 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.
3. 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.
4. Мельников Е.К., Рудник В.А., Мисийчук Ю.И. и др. Патогенное воздействие зон активных разломов земной коры Санкт-Петербургского региона // Геоэкология. 1994. № 4.
5. Радченко А.В., Телицын В.Л., Мартынов О.С., Петровский В.А., Васильев Ю.В. Геодинамика платформенных областей и эффекты ее проявлений / Под ред. В.М. Матусевича. Тюмень: Поиск, 2005.
6. Кравченко Д.С., Снакин В.В. Ландшафтно-экологический подход к исследованию геопатогенеза // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2008. № 1.
7. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами // Микробиология. 1961. Т. 30. № 4.
8. Присяжная А.А., Снакин В.В., Митенко Г.В., Хрисанов В.Р. Биологическая активность почв как индикатор экологического состояния территории // Бюл-

- летень МОИП. Отдел биологический. 2009. Т. 114 (3), прил. 1, ч. 2.
9. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методы оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000.
 10. Чистякова Е.К. Анализ стабильности развития в природных популяциях растений на примере березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида биоиндикатора: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1997.
 11. Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987.
 12. Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиоактивного неблагоприятия // Экология. 2001. № 1.
 13. Калугина О.Г., Присяжная А.А., Снакин В.В. Комплексная оценка экологического состояния территории // Материалы Всероссийской научной конференции «Биосфера — почвы — человечество: устойчивость и развитие». М.: Фонд «Инфосфера» — НИА-Природа, 2011.
 14. Калугина О.Г., Снакин В.В., Присяжная А.А., Митенко Г.В. Оценка качества городской среды по флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2009. 114 (3), прил. 1, ч. 1.
 15. Черничкин Р.В., Присяжная А.А., Митенко Г.В., Смаыгин С.Н. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах городских территорий (на примере города Пущино Московской области) // Глобальные экологические процессы: Материалы международной научной конференции / Под ред. В.В. Снакина. М.: Academia, 2012.
 16. Косякова Н.И. Здоровье и система эндоэкологической иммунореабилитации городского населения. Пущино, 1997.
 17. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические методы. М.: Мысль, 1975.

Сведения об авторах

Снакин Валерий Викторович: доктор биологических наук, профессор, Институт фундаментальных проблем биологии РАН; МГУ имени М.В. Ломоносова (Музей Землеведения)
Количество публикаций: более 300
Область научных интересов: загрязнение окружающей среды, экологическое нормирование, экологическая картография, экологическая терминология

Контактная информация:

Адрес: 117218, г. Москва, ул. Трофимова, д. 13, кв. 133
Тел.: +7 (499) 124-27-37
E-mail: snakin@mail.ru

Присяжная Алла Александровна: кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН

Количество публикаций: 97

Область научных интересов: биоразнообразие, биологическая активность почвы, качество окружающей среды, здоровье населения, оценка экологического состояния территории, экологическое картографирование

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская обл., г. Пущино, микрорайон «Д», д. 6, кв. 68
Тел.: +7(4967) 73-17-83
E-mail: alla_pris@rambler.ru

Косякова Нинель Ивановна: доктор медицинских наук, зам. главного врача по науке, зав. отделением иммунологии и аллергологии больницы ПНЦ РАН, главный внештатный иммунолог-аллерголог Южного медицинского округа № 2 Московской области

Количество публикаций: более 300

Область научных интересов: иммунология и аллергология, экологическая иммунология, экология и здоровье, эндоэкологическая иммунореабилитация

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская обл., г. Пущино, ул. Институтская, д. 1
Тел.: +7 (4967) 73-09-33
E-mail: nelia_kosiakova@mail.ru

Митенко Геннадий Викторович: научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН

Количество публикаций: 39

Область научных интересов: экосистемы, природные территориальные комплексы, экологическая картография, антропогенное воздействие, качество жизни, здоровье населения, геоинформатика

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская обл., г. Пущино, микрорайон «Г», д. 26, кв. 85
Тел.: +7 (4967) 73-17-83
E-mail: gen.mitenko@yandex.ru