

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Ю.А. Цехмейструк

Человечество как биологический вид и социальная общность неразрывно связано с процессами, происходящими в окружающей среде, и во все возрастающих масштабах черпает из нее ресурсы, загрязняет отходами, продуктами жизнедеятельности. Все происходит в тончайшем слое «жизненного пространства» - биосфере. Эта «оболочка жизни» находится в постоянном движении, круговороте органических веществ в цепочке: почва – растения – животные – человек – почва (сток), а также неорганических веществ в рамках других цепочек естественного круговорота, природа создала механизмы постоянного круговорота основных химических элементов между неживыми и живыми компонентами окружающей среды в биосфере. В соответствии с законом сохранения массы (вещества) при любом физическом или химическом изменении вещество не возникает и не исчезает, но лишь изменяет свое физическое или химическое состояние. Человек не потребляет вещество, а только временно пользуемся какими-то видами ресурсов Земли, перемещая их, превращая в продукты или полезные товары. Все, что выброшено, остается с нами /1/.

Экспериментально подтверждены необратимые изменения значений параметров окружающей среды, что все чаще приводит к экологическим кризисам и катастрофам на локальном уровне (фотохимический смог, кислотные осадки, другие виды загрязнений) и в глобальном масштабе (образование парникового эффекта, разрушение озонового слоя в стратосфере). Это, а также накопление данных, подтверждающих проявление распада генетических программ человека, другие проявления экологического кризиса, привело к тому, что в большинстве стран мира вопросы обеспечения экологического благополучия выходят за рамки принятия конкретных инженерно-технических программ и решений и все более приобретают социально-экономическое звучание, формируют новые стереотипы поведения, нормы морали /1/.

В настоящее время загрязнение атмосферы стало неизбежной составной частью современной жизни. Основным источником

загрязнения можно считать процессы горения, в результате которых водород и углерод топлива соединяются с кислородом, находящимся в атмосфере. Примеси, содержащиеся в топливе, слишком высокая или низкая температуры горения, неполное сгорание топлива приводят к образованию побочных токсичных продуктов. Транспортные тепловые двигатели дают значительное количество выбросов, создающих химическое и тепловое загрязнение окружающей среды, они служат также источником шума и вибрации. Известно, что около 60% загрязнений воздушного бассейна большинства стран вызвано работой транспорта /2/.

Атмосфера города характеризуется наличием ряда неблагоприятных факторов, воздействие которых на организм человека может сопровождаться нарушением как функционального состояния его органов и систем, так и развитием патологических состояний. В структуре загрязнений окружающей среды на территории промышленных городов особая роль принадлежит аэрозольно-газовым токсикантам, так как они способны длительное время циркулировать в системе «атмосфера - почва - атмосфера», а при попадании в организм многие из них накапливаться в различных органах и тканях, что существенно увеличивает время их токсического действия.

Большая изменчивость параметров атмосферы, таких как скорость и направление ветра, солнечная радиация, атмосферное давление, влажность, и нередкие быстрые и резкие их изменения наряду с многообразием источников и стоков аэрозолей приводят к тому, что аэрозоль как объект научных исследований также характеризуется чрезвычайно сильной изменчивостью, и это затрудняет применение для анализа его поведения даже статистических методов.

По сетке макроклиматического районирования г. Барнаул относится к III зоне из пяти и характеризуется повышенным уровнем загрязнения атмосферы, с численным значением безразмерный потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) 3,0...3,3. По данным Запсибгидромета, для III зоны повторяемость приземных инверсий составляет 30...40. Вы-

сота и обратный градиент температуры в инверсиях составляют 0,3...0,6 км и 2...6⁰С соответственно. Максимальное число инверсий наблюдается зимой, минимальное - летом. Наиболее неблагоприятные условия с загрязнением атмосферы создаются зимой и весной. В городе множество источников аэрозольных выбросов - в основном работающие на угле котельные и три крупных теплоэлектроцентрали, большой массив жилых домов с печным отоплением, автотранспорт, тепловозы на железной дороге и другие. Кроме того, при определенных условиях (температурный режим, влажность, интенсивность солнечной радиации и др.) аэрозоли могут образовываться из газовой фазы отдельных токсикантов. Для г. Барнаула таковыми являются оксид углерода (до 25%), диоксид серы (до 19%), диоксид азота (до 10%), фенол (до 3%), сероуглерод (до 3%), формальдегид (до 1%), сероводород (до 1%) /3/.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на уровень концентрации атмосферных загрязнителей при неизменной величине мощности их выброса. Концентрация в приземном слое атмосферы зависит от температурной стратификации атмосферы, скорости ветра, интенсивности осадков, атмосферного давления, влажности воздуха. Как правило, периоды с пониженным загрязнением воздуха имеют место при циклоническом характере погоды, и для них характерны облачность, обильные осадки, сильные ветры, отсутствие инверсий. Подобные ситуации способствуют быстрому очищению воздуха, интенсивному рассеянию примесей.

В зависимости от макросиноптических процессов, формирующих погодные условия, повышение концентрации вредных примесей в приземном слое воздуха наблюдается на фоне антициклонического характера погоды, для которого характерна устойчивая, однообразная, преимущественно ясная погода с приземными инверсиями и слабыми ветрами. При температурной инверсии в слое воздуха, расположенном непосредственно над источниками выбросов, температура возрастает с высотой, поэтому перемешивание воздуха ослабляется и задерживается перенос примесей вверх. В результате аэрозольно-газовые загрязнения сосредотачиваются у земной поверхности, и их концентрация резко возрастает. По данным, повторяемость числа случаев инверсий над Западной Сибирью имеет хорошо выраженный годовой ход с максимумом в зимнее и минимумом в летнее время.

На пространственное распределение аэрозольно-газовых токсикантов в приземном слое атмосферы большое влияние оказывают физические свойства атмосферы, ландшафтные особенности территории, расположение промышленных предприятий, транспортных магистралей, планировка и застройка жилых массивов. Как показали исследования, проведенные на территории г. Барнаула существенная пространственная неоднородность распределения загрязнений приземной атмосферы по территории города ставит задачу учета микроклиматических особенностей крупных населенных пунктов при осуществлении контроля за качеством атмосферного воздуха.

Выбросы основных вредных веществ в атмосферу г. Барнаула от стационарных источников и автотранспорта составляют 203,6 тысячи тонн в год, в том числе: твердых веществ 52,4 тысячи тонн в год; диоксида серы 45,1 тысячи тонн в год; оксида углерода 73,1 тысячи тонн в год; окислов азота 20,9 тысячи тонн в год; углеводородов 12,1 тысячи тонн в год /4/.

Основной вклад в выбросы вносят: автотранспорт - 45,86 %; энергетика - 37,43 %; машиностроение и металлообработка - 9,42 %; химическая и нефтехимическая промышленность - 3,02 %; сельское хозяйство - 1,44 %; промышленность строительных конструкций и материалов - 1,28 %; прочие подотрасли - 1,55 %.

На предприятиях города улавливается 534 т в год вредных веществ, из них утилизируется 68 т в год. Наибольшая степень улавливания вредных веществ на предприятиях электроэнергетики - 83,8 %; а также химической и нефтехимической промышленности - 82,4 %; самая низкая на транспорте - 26,6 %.

Уменьшились выбросы на предприятиях химической и нефтехимической промышленности (на 4454 т в год), машиностроения и металлообработки (на 2163 т в год) вследствие сокращения производства, на предприятиях электроэнергетики (на 1158 т в год) в связи с уменьшением количества используемого топлива.

Вклад автомобильного транспорта в суммарный выброс составляет 45,86 %, в том числе оксида углерода - 78,0 %, оксидов азота - 28,46 %, углеводородов - 83,0 %. По сравнению с началом 90-х годов выбросы автомобильного транспорта увеличились на 6698 тонн в год (10,01 %) в связи с ростом количества автомобилей и соответственным потреблением топлива; выбросы от стационарных источников уменьшились на 9741

тонну в год (7 %) вследствие сокращения производства /5, 6, 7/.

Загрязнение окружающей среды транспортными средствами формируется при движении их в потоке. Поэтому именно на уровне транспортного потока выявляется эффективность всех мероприятий, проводимых в транспортной системе по охране окружающей среды. Подход к транспортному потоку как к источнику загрязнения основан на том, что его воздействие на окружающую среду рассматривается как сумма воздействий одиночных автомобилей. Экологическая безопасность одиночного автомобиля определяется не только конструкцией, но в значительной степени и режимом движения. При всей кажущейся свободе выбора режимов движения транспортных средств (направлении маневра и скорости движения) водитель в определенных условиях вынужден управлять автомобилем, подчиняясь законам всего транспортного потока. Речь идет прежде всего о городских условиях, характеризующихся, с одной стороны, большой концентрацией транспортных средств и соответственно значительной интенсивностью и плотностью движения, с другой - высокой плотностью населения, подвергающегося воздействию вредных экологических факторов.

Описание режимов движения транспортных средств базируется на основных положениях теории транспортных потоков. Используемые для этого модели получили всеобщее признание и подтверждены многочисленными натурными экспериментами. Проблема состоит в выборе эффективных и простых моделей, позволяющих проводить экологические расчеты. Определенное внимание следует уделить также методам натурального эксперимента, применяемым в изучении транспортных потоков. Для экологических исследований натурный эксперимент является поставщиком исходных данных для моделирования процессов создания и распространения загрязнений. Кроме того, он является средством определения адекватности разрабатываемых моделей.

В зависимости от конкретных целей уточняют и задачи исследования, перечень и вид получаемой информации, определяемые характеристики, частоту их получения и методы обследования. Обследование транспортных потоков происходит передвижными станциями и на стационарных постах. Широкое распространение получил метод исследования с помощью «плавающего» автомобиля, то есть движущегося со скоростью, присущей основной массе транспортных

средств в потоке. Типичным примером использования этого метода является исследование пространственной характеристики скорости на протяжении магистрали.

Внешним признаком правильности режима движения является примерное равенство автомобилей, обогнанных автомобилем-лабораторией и обогнавших автомобиль-лабораторию в потоке. Во время исследования необходимо вести учет числа автомобилей, которые обогнали или были обогнанными. Наиболее совершенным методом такого исследования является непрерывная автоматическая запись скорости на месте регистрирующего прибора.

Стационарный пост наблюдения может дать информацию об интенсивности, составе транспортного потока, мгновенной скорости и задержках транспортных средств. Указанную информацию можно собирать как визуально при помощи простейших технических средств (секундомера, механического счетчика единиц), так и применяя средства автоматической регистрации.

Натурные исследования наиболее напряженных магистралей улично-дорожной сети г. Барнаула показали, что существенная доля задержек транспортного потока приходится на перекрестки. С ростом интенсивности движения увеличиваются задержки транспортных средств на перекрестке. Транспортные узлы и частота их расположения существенным образом сказываются на объеме и составе ОГ автомобилей.

Исследованиями установлено существенное влияние основных характеристик транспортного потока (интенсивность, плотность, структура, скорость и неравномерность движения) на уровень загрязнения воздуха. Отмечается местный характер влияния характеристик транспортного потока на изменение концентраций вредных компонентов ОГ в приземном слое воздуха /8/.

Общий выброс в единицу времени на участке магистрали определяется количеством вещества, выбрасываемым автомобилем на единицу пути, и числом автомобилей, проходящих на этот участок в единицу времени.

Рост интенсивности движения влияет не только на количественное увеличение источников выбросов, но одновременно приводит к изменению объема и токсичности выброса отдельным автомобилем из-за его взаимодействия с транспортным потоком (с составом транспортного потока).

Анализ выполнен на основании экспериментальных исследований режимов дви-

жения и задержек автомобилей на перекрестках. Сбор экспериментальных данных проведен на основных магистралях и их пересечениях г. Барнаула.

Для снижения трудоемкости при натуральных обследованиях транспортного потока производилась видеосъемка перекрестков. Видеокамеру размещали таким образом, чтобы перекресток просматривался по всем направлениям не менее чем на 100м. Преимущество данного метода обследования заключается в том, что кроме значительного снижения трудоемкости, повышается точность обследования потоков, а значит и достоверность расчетов.

По полученным данным с применением ПЭВМ выполнен расчет выбросов транспортными потоками токсичных веществ и их концентраций в атмосферный воздух на основных магистралях г. Барнаула. Картирование значений превышения ПДК основных токсичных компонентов (рис. 1) свидетельствует о том, что автотранспортные потоки несут преимущественный вклад в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу г. Барнаула.

Проведено математическое моделирование возможности снижения концентраций основных токсичных веществ вследствие уменьшения интенсивности движения, реконструкции перекрестков и сокращения времени задержек транспортных потоков

Исходным при разработке экологической инфраструктуры города является санитарно-экологическая ситуация, включающая - состояние атмосферного воздуха, факторы и условия формирования атмосферных загрязнений, макро- и мезоклимат, существенно влияющий на их перенос, накопление и рассеивание в атмосфере, а также градостроительная среда, где происходят эти процессы. Главной составляющей экологической инфраструктуры является система зеленых насаждений и акваторий, при соответствующей организации, которой можно влиять на температурно-ветровую и радиационный режимы, в значительной мере регулируя мезо- и микроклимат, а значит, и метеорологические условия формирования атмосферных загрязнений.

Одним из основных метеозащитных элементов, определяющим загрязнение атмосферы, является ветер. В зависимости от его скорости отмечаются два максимума загрязнения - при малых скоростях (0...1 м/с) для источников загрязнения в приземном слое воздуха высотой до 200 м и при скорости 4...6 м/с для высоко расположенных источников загрязнения.

Повторяемость слабых ветров зимой и летом примерно одинакова и составляет соответственно 34...45 и 37...41%. Повторяемость же скоростей второго максимума равна 28...34% зимой и 9...10% летом.

Другим важнейшим метеорологическим фактором, способствующим накоплению вредных выбросов в нижних слоях атмосферы, является температурная инверсия, когда температура с высотой не падает, а растет или остается постоянной. Число случаев с инверсиями в г. Барнауле достаточно велико: повторяемость приземных колеблется от 46 (октябрь) до 66% (декабрь) при среднегодовой в 53%; приподнятых (нижняя граница в слое до 250 м) - от 0,3 (июль) до 1% (январь) при годовой 0,5%. Потенциал загрязнения атмосферы оценивается как умеренный, самоочищающаяся ее способность (ССА) - как средняя, а метеорологический потенциал атмосферы (МПА), отражающий соотношение факторов, способствующих рассеиванию ингредиентов и их накоплению, равен 0,8, то есть процессы рассеивания преобладают над процессами накопления.

В крупном городе, каковым является центр Алтайского края, под влиянием антропогенных факторов формируется своеобразный климат - «климат города», мезоклимат, существенно влияющий на состояние окружающей среды.

Формирующийся в городе и над городом очаг тепла имеет форму купола, достигающего высоты 200-300 м и более. При ветре 4...7 м/с он смещается по его направлению, а при скоростях 7...9 м/с исчезает совсем. В г. Барнауле в январе наибольший по площади «остров» тепла наблюдается при скорости ветра 0...1 м/с; при ветре 2...5 м/с он резко уменьшается, особенно в районе многоэтажной каменной застройки в северо-западной части города. При ветре 6 м/с «остров» смещается по направлению ветра в восточную часть города, его границы «размываются», а сам он дробится. Очаги тепла обнаруживаются даже при скоростях ветра 10 м/с и более.

При увеличении ветра за городом ветровые коэффициенты (отношение скорости в городе к загородной, принятой за единицу) уменьшаются; при скоростях до 9 м/с в январе они не превышают единицы, а при дальнейшем усилении ветра сокращаются до 0,6. При скоростях 0...1 м/с наиболее ветренными являются периферийные районы, хотя усиление ветра в городе, по сравнению с загородом, обнаруживается почти на всей территории города. При ветре 2...5, 6...9, 10 м/с и

более в городе наблюдается более ровное распределение скоростей. Наибольшие ветровые коэффициенты имеют место с наветренной, юго-западной и западной сторон.

В группировках зданий, без древесных насаждений при их обдувании ветром часто не обеспечивается требуемого равномерного ослабления потока воздуха, а наблюдаемое уменьшение скорости ветра в среднем не превышает 30...40%. Дополнение застройки зелеными насаждениями или какими-нибудь другими преградами 50%-ной просветности, позволяет регулировать ветровой режим в пределах группировки зданий и обеспечить ослабление действия ветра на 60...70%. Наиболее эффективной в этом отношении является полу-периметральная застройка, при которой здания образуют двор, открытый в сторону ветров южных румбов, шириной 5...6 высот зданий, с размещенной в нем ветро- и снегозащитной лесной полосой, так называемой «вторичной» защитой. Этим обеспечивается общее снижение действия ветра на 70...80%. Учитывая, что максимально допустимыми в застройке являются скорости ветра порядка 1,5...3 м/с, рекомендуемые ветрозащитные мероприятия, с использованием приемов застройки и озеленения, могут быть достаточно эффективными при скорости ветра вне города не более 10...12 м/с. Так как в г. Барнауле преобладающими являются ветры со скоростями до 7 м/с, то, естественно, эти мероприятия вполне достаточны для обеспечения требуемой ветрозащиты.

Наибольший микроклиматический эффект озеленения, фонтанов, искусственного полива, типов застройки и других градостроительно-мелиоративных мероприятий достигается при температурах воздуха 25...30°C, относительной влажности 35...60%, скорости ветра 1...3 м/с и интенсивной солнечной радиации (порядка 698 Вт/м²). В степных районах Алтайского края и в г. Барнауле летом довольно высокую повторяемость имеют солнечные и ветреные дни, в этих условиях мелиорация микроклимата путем перечисленных мероприятий вполне достижима.

Микроклиматическая оценка исследованных типов жилой застройки показала, что в плотно застроенных и малоозелененных районах города по летним условиям наилучшей является строчная застройка, а по зимним – периметральная. В хорошо озелененных районах летом оптимальными являются полупериметральная, с высоким уровнем озеленения, а зимой – полупериметральная, с малым количеством зеленых насаждений.

Наиболее приемлемым типом застройки является полупериметральная, с рациональным озеленением.

Природно-ландшафтным, мезомикроклиматическим и санитарно-экологическим особенностям г. Барнаула на этой основе может быть дана планировочная интерпретация, в соответствии с которой станет возможным определить принцип построения системы зеленых насаждений, направления целесообразного развития города и пути реализации вопросов организации его лесопаркового пояса. Кроме того, это позволит установить целесообразные параметры и нормативы формирования экологической инфраструктуры города на основе системы его зеленых насаждений и акваторий.

Система зеленых насаждений и акваторий может сыграть роль главного организующего «каркаса» всей городской планировочной структуры, стать основой ее преобразования и совершенствования, в конце концов, – и ключом к созданию своеобразного архитектурно-художественного облика г. Барнаула. Существующие зеленые насаждения города при целенаправленной градостроительной политике могут быть соединены в единую систему специальными древесно-кустарниковыми посадками в поймах рек Пивоварки и Барнаулки, в полосе отвода железной дороги, в зонах индивидуальной жилой застройки с выходом их в пригородные леса и к берегу р. Оби.

Формирование экологической инфраструктуры города напрямую связано с актуальнейшей градостроительной проблемой, как отмечалось, в городе преимущественно при антициклональном типе погоды, повторяемость которой в г. Барнауле достаточно высока, образуются очаги тепла и тепловой купол, предопределяющие городские «бризы». Чем крупнее компактный массив города, застройки, тем сильнее потоки воздуха от окраины к центру очага тепла. Учитывая, что окраины города заняты промзонами и эти зоны чаще всего расположены со всех сторон, не имеют требуемого санитарно-защитного озеленения, нетрудно представить, какой чистоты воздух поступает на селитебные территории. Восходящие потоки воздуха в очаге тепла поднимают атмосферные загрязнения вверх, которые по мере их охлаждения по краям теплового купола «скатываются» вниз и, увлекаемые бризовыми потоками, снова поступают в центр. Этому способствует и то обстоятельство, что промзоны, за счет своих тепловыделений создают тепловую

«завесу» по периметру города, причем эта «завеса» в отличие от очагов тепла, которые имеют суточный и сезонный характер изменения, относительно постоянна. Получается своего рода «ловушка» для ингредиентов, которую можно разрушить, уменьшив градиент температуры «город-пригород» и, создав за счет зеленых насаждений и акваторий, интенсивные нисходящие потоки; при этом зеленые посадки могли бы играть роль воздушных фильтров.

Все это существенно меняет традиционное представление о распространении атмосферных загрязнений только по розе ветров, и делает необходимым углубление и расширение мезомикроклиматических и санитарно-гигиенических исследований с целью уточнения расчетов и фактического распределения атмосферных выбросов в поселениях и около них.

Воздействие урбанизированной среды на биоту имеет разнообразный характер. Причиной этого разнообразия является как варьирование состава и структуры самой среды, так разная устойчивость видов, их популяций и биогеоценозов к антропогенным факторам. Целесообразно использовать индикаторы, которые реагируют даже на самые незначительные колебания определенных свойств физико-химической среды, ибо именно там возникают аномалии в первую очередь. В качестве индикаторов пригодны организмы, занимающие более низкие трофические уровни, например лишайники. Эти виды чувствительны, инертны и имеют достаточно продолжительный жизненный цикл. Для расширения пределов индикации целесообразно использовать виды с перекрывающимися экологическими амплитудами. На индикаторных видах и их экологических реакциях и основываются шкалы, позволяющие через наличие или отсутствие определенных видов установить уровень загрязнения воздуха и окружающей среды в целом /9/.

Изучая флору городов и поселков Эстонии, Трасс Х.Х. пришел к выводу, что при использовании лишайников как индикаторов необходимо исходить из лишайниковых группировок - лихеносинузий, а не отдельных видов, при этом для каждой конкретной синузии на основе показателей видового состава, покрытия и степеней палеотолерантности видов определяется индекс палеотолерантности (P), по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{a_{i1} \cdot c_i}{C_i}$$

где n - число видов, a_i - степень палеотолерантности, c_i - покрытие вида, C_i - сумма покрытий видов.

Шкала покрытия 10-бальная (1б - покрытие 1-10%, 2б - 11-20% и т.д.). Умножая показатели a_i и c_i каждого вида, сложив эти данные и разделив полученную сумму на сумму показателей C_i , всех видов, получим средневзвешенное значение - индекс P.

На основе показателей индекса P легко составлять соответствующие карты загрязнения городов. Показывая на карте одинаковой краской или условными знаками части города, в пределах которой индекс P колеблется в одинаковой амплитуде.

Сбор материалов проводился в июле-сентябре 1989-1990 годов. При этом было обследовано более 2000 деревьев в 72 точках лесных массивов, парков, скверов, улиц города. При обработке были использованы индексы палеотолерантности, разработанные Трассом (1971) и Марином (1982).

В исследуемой точке определялось наиболее типичное местообитание, затем обследовались лежащие на одной прямой 10 деревьев с диаметром ствола не менее 30 см (Глуздаков, 1950). Для изучения лишайниковых синузий использовалась квадрат-сетка 20 на 20 см², которая накладывалась на ствол на высоте 1,5 метра. Степень покрытия в процентах от всей площади квадрата. Затем по двум другим прямым обследовалось таким же образом по 10 деревьев, затем данные по 30 деревьев усреднялись, фиксировалось состояние лишайников, их видовой состав

На основании подсчета индексов палеотолерантности (P) и нанесения их на карту (рис. 2), было выделено 5 зон распределения лишайников в зависимости от загрязнения атмосферы:

I. P=0-3,8 - нормальная зона, находящаяся на расстоянии 6-12 км от центра города. Наиболее распространенными видами, образующими общий фон лишайниковых группировок на сосне, являются *Parmelia physoides*, разбросанная по всему стволу и сучьям, *Evernia prunastri* и *Ramalina fannaseae*, в верхней части ствола, *Parmelia fannaseae* и *Parmelia sulcata* в нижней. Виды *Cladonia* обычно поселяются на корневых лапах и прилегающих к ним участках ствола. Часто там же большие участки занимают слоевища *Lecidea scalaris*, пятнами разбросаны *Panneliopsis ambigua*. Такие виды, как *Parmelia ca-*

perata, *Cetraria glauca*, виды *Pertusaria*, *Lecanora* и некоторые другие встречаются в виде вкраплений по всему стволу. На осине чаще всего встречаются *Arthonia rabiata*, *Craphis scripta*, *Lecibea euphorea*, *Parmeliae fannaceae*, *P.olivaceae*, *P.sulcata*, *Evernia prunastri*, *Xanthoria parietina*, *Physcia stellaris*.

II. P=4-6,9 - периферийная зона (внешняя зона борьбы). В этой зоне, находящейся на расстоянии от 5 до 8 км от центра города, расположены следующие населенные пункты: Гоньба, Борзовая Заимка, Власиха, Лебяжье, Южный. Это зона умеренно вредного влияния воздушного загрязнения и представлена островками старых лесных массивов. Зона характеризуется господством оксифильных лишайников, но уже появляются нитро- и нейтрофильные виды. Здесь расположены внутренние границы распространения *Parmelia scortea*, *P. caperata*, *Evernia prunastri*. Вид *Hypogymnia physoides* уже с измененными слоевищами (уменьшенные размеры) по сравнению с нормальным. Кустистые лишайники встречаются реже, чем в зоне I. Степень покрытия деревьев лишайниками от 50 до 70%.

III. P=7-8,9 - зона умеренного загрязнения (промежуточная зона борьбы). Охватывает территорию окраины города и населенные пункты: Землянуха, Пригородный, Моховая поляна, Ерестная, Затон, Присягино, а также такие предприятия как ТЭЦ-3, ЗСВ, Моторный и Роторный заводы. Здесь ощущается большое влияние городского загрязнения воздуха. Оптимальная область нитро- и нейтрофильных лишайников, а также таких пылеустойчивых видов как *Parmelia scortea*, *Hypogymnia physoides*. Наблюдается морфологическое изменение слоевищ и относительное снижение высоты расположения лишайниковых сипузий из-за понижения влажности. К этой зоне относятся также такие повышенные участки, как территория ВДНХ, расположенная рядом с низинным парком культуры и отдыха, лежащим в долине реки Барнаулки, относящимся к IV зоне загрязнения. На этом примере наглядно видно влияние ландшафта на распространение лишайников.

IV. P=9-10 зона сильного загрязнения (внутренняя зона борьбы). Зона занимает городскую территорию с большим количеством расположенных на ней промышленных предприятий, кокегарок и т.п. Она характеризуется также разветвленной сетью автодорог деградирующими зелеными насаждениями, окруженными со всех сторон застроен-

ными жилыми массивами. Южная граница зоны протекает по реке Барнаулке, восточный участок границы длиной в 7 км по левому берегу Оби. Лихенофлора зоны характеризуется немногочисленным (3-5 видов) составом, сильно разрушенным слоевищем листоватых лишайников и полным отсутствием кустистых. Расположение лишайносипузий на стволе по высоте не выше 1,5 м. Относительно хорошее состояние накипных лишайников, появление монокультур. Присутствуют нитрофильные лишайники *Xanthoria parietina*, *Physcia orbicularis* (редко), *Parmelia sulcata*, *Xanthoria candelaria*, *Psova ostreata*.

V. Лишайниковая пустыня. Занимает территорию вдоль проспектов Калинина и Космонавтов, где расположены только промышленные предприятия и уровень загрязнения наиболее высок. Лишайников в этой зоне нет или они почти полностью разрушены, вследствие чего их определение затруднено.

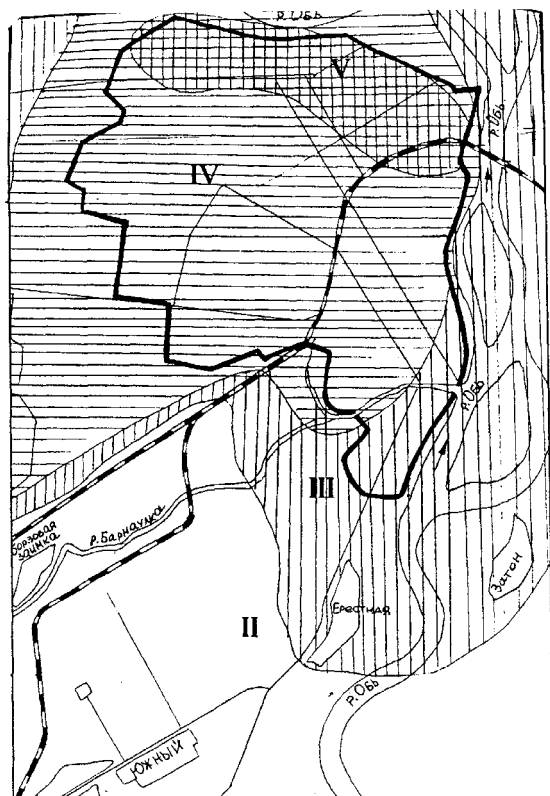


Рис. 2. Зоны распределения лишайников в г. Барнауле

Анализ полученных данных свидетельствует о состоятельности использования метода Трасса для картирования районов с разной степенью загрязнения.

Экологическое состояние Барнаула, как и многих других городов Сибири в последние годы, несмотря на экономический коллапс, остается напряженной; более того - просматривается тенденция к его ухудшению, в основном за счет роста неорганизованных выбросов автотранспорта, продолжающегося снижения качества воды в открытых источниках водоснабжения из-за хозяйственно-бытовых, производственных и других стоков, значительного износа систем хозяйственно-питьевого водопровода и канализации, антропогенного загрязнения почвогрунтов, наличия большого количества неорганизованных или плохо организованных свалок промышленных, строительных и бытовых отходов, значительного повышения акустических и электромагнитных воздействий, неучета в должной мере природно-ландшафтной подосновы, особенностей формирования мезоклимата города, радиологических естественных и искусственных факторов, снижения уровня и качества благоустройства, озеленения, проведения нерациональной градостроительной политики, связанной с планировкой и застройкой. По комплексной оценке загрязнения агрегатосфер среды ингредиентами, в городе, на большей части его территории, уровень загрязнения определяется как высокий, экологическая обстановка в целом характеризуется как крайне неблагоприятная, а по некоторым факторам - повышенного риска здоровью населения.

Детальное рассмотрение, анализ и оценка факторов и условий формирования экологической инфраструктуры города логично выводят на схему эколого-градостроительной мелиорации и оздоровления городской среды. Для максимального использования и усиления благоприятного в гигиеническом отношении мезомикроклиматического влияния рек и водоемов при градостроительном освоении прибрежных территорий, необходима такая планировочная структура застройки, при которой мощное озеленение набережных дополнялось бы системой бульваров, садов и скверов, расположенных перпендикулярно берегу и исполняющих роль своего рода «воздуховодов» вглубь застройки. На эти «воздуховоды» в свою очередь должна быть ориентирована застройка, в которой будут преобладать полукрытые типы. Целесообразно и такое освоение прибрежных участков, когда достаточно ком-

пактные, высокой плотности застройки жилые образования свободно располагаются на озелененной территории берега. Могут быть и другие варианты, учитывающие закономерности формирования мезомикроклимата прибрежных, застроенных и иных участков, а также территории города в целом.

Таким образом, осмысление и программно-целевая интерпретация мезоклимата Барнаула выводит на новый уровень понимания и решения его эколого-градостроительных проблем, в том числе связанных с формированием необходимой информационной базы, организацией мезомикроклиматического мониторинга состояния окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. Шк., 2001. – 273 с.: ил.
2. Кокорева И.А., Брылакин В.Г. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов / ВИНТИ. -1969. - № 3.
3. Социально-гигиенический мониторинг здоровья и среды обитания населения г. Барнаула (1997-2000 г.г.): Отчет /А.И. Пугач, А.А. Ушаков, Е.М. Трофимович; ФГУ Госсанэпиднадзора в Алтайском крае. - Барнаул, 2001.
4. Цехмейструк Ю.А. Снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания // Безопасность XXI века: Материалы заочной конференции / Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности. - СПб: Изд. МАНЭБ, 2000. - Вып. 3.
5. Цехмейструк Ю.А. Автомобиль как фактор экологического загрязнения // Транспортные средства Сибири (состояние и проблемы): Материалы межвуз. науч.- практ. конф. с междунар. участием / Ответ. ред. А.И. Грушевский. - Красноярск, 1995.
6. Цехмейструк Ю.А., Крузе О.О. Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортных средств / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995.
7. Цехмейструк Ю.А., Павлюк А.С. Экологические проблемы эксплуатации автотранспорта в современных условиях // Проблемы безопасности транспортного пространства: Сб. науч. трудов междунар. науч. конф. / ЛГТУ и ЛЭГИ. - Липецк, 1998.
8. Цехмейструк Ю.А., Крузе О.О. Проблемы экологии автотракторного комплекса / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд - во АлтГТУ, 1996.
9. Флора и растительность Алтая: Сборник / Алт. гос. ун-т. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1996.