ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра экологии, ботаники и охраны природы

Л.М.Кавеленова

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ФИТОМОНИТОРИНГА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ

Учебное пособие

Рекомендовано Советом по биологии УМО по классическому университетскому образованию РФ в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности 020201 Биология

Самара
Издательство «Универс групп»
2006

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Самарского государственного университета

УДК 581.562
ББК 28.58 / 85.118.7
К 12

Ответственный редактор
академик Российской экологической академии, доктор биол. наук, профессор Н.М. Матвеев

Рецензенты:
кандидат биол. наук, доцент А.А. Устинова
(Самарский педагогический госуниверситет),
доктор биол. наук В.Г.Подковкин
(Самарский государственный университет).

Кавеленова, Л.М.

К 12 Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи [Текст] / Л.М. Кавеленова. – Самара : Изд-во «Универс групп», 2006. – 223 с. Табл. 7. Рис. 21. Библ. 560 назв.
ISBN 5-467-00107-8

В книге рассматриваются экологические основы и принципы практической организации системы фитомониторинга качества городской среды в контрастных природно-климатических условиях лесостепи. Представлен фактический материал, полученный автором в ходе десятилетних исследований различных сторон функционирования растительных организмов в урбосреде. Приложения – методики, представленные в конце книги, и обширная библиография помогут читателям лучше сориентироваться в проблемах биомониторинга и организовать собственные исследования в данной области.

Книга адресована студентам – биологам, широкому кругу педагогов и учащейся молодежи, интересующихся проблемами качества городской среды. Она может быть интересна специалистам, работающим в области экологии, охраны природы, биомониторинга.

УДК 581.562
ББК 28.58 / 85.118.7

ISBN 5-467-00107-8

© Кавеленова Л.М., 2006
© Самарский государственный университет, 2006

ВВЕДЕНИЕ

При высокой плотности городского населения, интенсивном загрязнении урбосреды промышленными предприятиями и автотранспортом, особо важными становятся пути оптимизации среды обитания человека. В Самарской области доля городских земель (показатель урбанизированности территории) составляет 6,2%, где проживает более 80% населения области.

Компоненты системы озеленения современного города – не только эстетически ценная инфраструктура, но и фактор оздоровления окружающей среды, вносящий вклад в очистку воздуха от загрязнителей, обогащение его кислородом и фитонцидами. Территория зеленых зон и парков города, в разной степени подверженная рекреационному прессу и загрязнению среды, может использоваться в качестве полигона биологического мониторинга. Наше исследование было посвящено экспериментальной оценке возможностей использования высших растений в контроле качества урбосреды лесостепи (на примере г. Самары) и разработке принципов организации системы фитомониторинга техногенного загрязнения городской среды.

Решение Совета УМО по классическому университетскому образованию РФ о возможности рекомендовать опубликованную нами в 2003 г. монографию в качестве учебного пособия при профессиональной подготовке студентов-биологов послужило причиной ее переиздания. При подготовке второго издания мы использовали аппарат сносок для разъяснения терминов и уточнения некоторых положений, ввели ряд иллюстраций, ранее не включавшихся в книгу и носящих познавательно-информативный характер, включили приложение – дополнительный раздел, содержащий описание использованных нами и другими авторами методов полевых и лабораторных исследований. Эти методы апробированы в руководимой нами студенческой научно-исследовательской лаборатории фитоиндикации и используются при проведении НИР и УИРС на кафедре экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета.

Автор сердечно благодарит всех, кто словом и делом помогал ему в проведении исследований и осмыслении полученных данных: коллег – сотрудников кафедры экологии, ботаники и охраны природы, других кафедр биологического факультета Самарского государственного университета, студентов – деятельных участников студенческой научно-исследовательской лаборатории фитоиндикации. Особые слова благодарности хочется адресовать профессорам Н.М. Матвееву, Г.С. Розенбергу, докторам биологических наук С.А. Сачкову, С.В. Саксонову, Н.В. Прохоровой, доцентам А.А. Устиновой, Г.Л. Рытову – за ценные советы и критические замечания, поблагодарить профессора Т.И. Плаксину за консультации и помощь.

1. ФИТОИНДИКАЦИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНТРОЛЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

1.1. К истории фитоиндикации. Термины и факты

С давних времен человек мечтал найти среди живой природы объекты-«указатели», которые позволили бы успешно ориентироваться в ее многообразии. Эти мечты отразились в легендах о чудесных растениях, открывающих клады и подземные родники, позволяющих видеть сокрытое в недрах земли (Артамонов, 1989)[1]. Позже, осмысляя полученный в практике опыт, человек научился связывать растительный покров с достоинствами или недостатками почвы, на которой он сформировался, попытался использовать растения как указатели в поиске полезных ископаемых (Раменский и др., 1956; Виноградов, 1964, Ellenberg, 1974; Викторов, Ремезова, 1988; Викторов, 1994). Так возникло направление биоиндикации.

Биоиндикация – использование для оценки естественных процессов, условий или антропогенных изменений окружающей среды живых организмов: их присутствия, количества или особенностей развития (Реймерс, 1990). Если мы рассматриваем биоиндикацию с привлечением лишь растений, то говорим о *фитоиндикации.*

В качестве экологической основы фитоиндикации можно рассматривать, во-первых, теснейшую взаимосвязь элементов природной среды. Растительные сообщества в таком случае представляют собой определенный результат длительного (исторического) развития и формирования растительности в условиях экологически определенного местообитания (Викторов и др., 1962*). Во-вторых, экологической основой практики фитоиндикации можно считать общие закономерности реакции растений на воздействие различных экзогенных факторов, а именно – существование экологической амплитуды растительных организмов по отношению к какому-либо экологическому фактору.* Для факторов, представляющих собой условия существования растения, зависимость жизненного уровня растительного организма от уровня воздействия (интенсивности) фактора, как известно, выразится колоколообразной кривой. Такова реакция растений на уровень освещенности, температурный фактор, доступность влаги, pH и концентрацию почвенного раствора (Лархер, 1978; Культиасов, 1982; Сыт-

[1] Хотелось бы рекомендовать в целях начального ознакомления с этой проблемой интересную и доступную для широкого круга читателей книгу, в которой дан обширный материал об использовании высших растений для индикации различных условий окружающей среды: Артамонов В.И. Зеленые оракулы. – М.: Мысль, 1987.

ник и др., 1987; Полевой, 1989).[1] Общий характер реакции у различных растений будет однотипен, но их экологическая валентность (интервал между минимальным и максимальным значением фактора) обнаружит определенную специфичность (например, Одум, 1975; Лархер, 1978; Горышина, 1979; Двораковский, 1983).

Различия в индивидуальной реакции растительного организма на определенное воздействие экологического фактора могут лежать в основе существования растений – индикаторов определенных абиотических условий. При этом важное значение будет иметь положение экологического оптимума вида (Заугольнова, 1985; Плюта, 1994). Для многих видов жизненно необходимым и, безусловно, переносимым будет некий наиболее часто встречающийся средний уровень воздействия основных факторов (температура, влага, свет, трофность почвы и т.д.). Видообразование в конкретных условиях окружающей среды (например, биогеохимических провинциях и локальных местообитаниях) приводит к закреплению «смещенной» экологической валентности по отношению к конкретному фактору. Возникает ряд физиолого-биохимических и даже морфологических особенностей растений, обеспечивающих видам или формам повышенную устойчивость (Школьник, 1974; Растения..., 1983; Викторов, Ремезова, 1988).

Широта амплитуды, таким образом, определяет характер индикационных возможностей. Так, если стенотопные[2] виды могут указывать на определенный уровень воздействия экологического фактора своим присутствием (отсутствием), то для эвритопных видов подобным показателем станут мера обилия, представленность специфических форм, выраженность структурно-функциональных особенностей (отклонение от среднего уровня некоторых морфологических либо метаболических параметров).

Если фактор среды лимитирует жизнедеятельность растения лишь своим максимумом, как конкретные химические элементы в биогеохимических провинциях (Растения ..., 1983), аллелопатически активные вещества (Матвеев, 1994) или техногенные загрязнители в антропогенно преобразованной среде, мы также столкнемся с различной экологической валентностью растений, обнаруживая потенциальные биоиндикаторы. В современной литературе широко используются понятия **биоиндикатора,**

---

[1] Колоколообразная кривая (кривая Гаусса, симметричная кривая нормального распределения) обычна в теории, но на практике прослеживаются отступления от ее вида.

[2] Стенотопный (от *стено* – узкий) – обладающий узкой экологической амплитудой по отношению к некоторому фактору окружающей среды. При указании конкретного фактора используются соответствующие термины (стенотермный и пр.). Виды с широкой экологической амплитудой называют эвритопными.

биоиндикации, биотеста и биотестирования. Мы считаем уместным внести необходимые разграничения, относящиеся к пониманию данных терминов (рис.1).

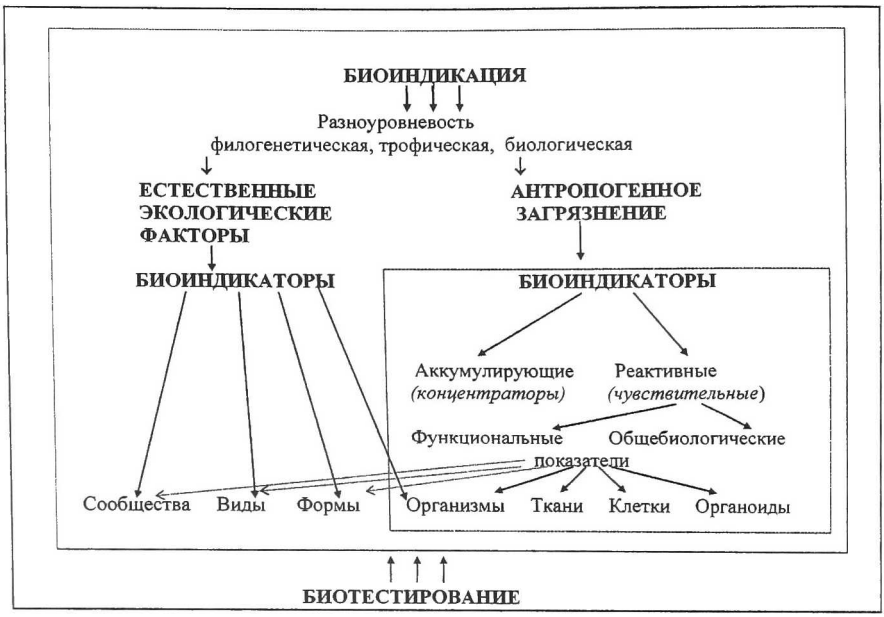


Рис. 1. Методологические особенности и специфика объектов исследований в области биотестирования и биоиндикации

Под биоиндикацией мы понимаем оценку природной среды с помощью обитающих в ней живых организмов-биоиндикаторов, присутствие, количество или жизненное состояние которых определяется комплексом условий среды. В данном случае исследователь имеет дело с анализом результатов эксперимента, поставленного самой природой. *Биотестирование, как нам представляется, подразумевает активное вмешательство исследователя в ход событий: исследователь произвольно привносит в испытуемую среду организм – биотест в качестве своеобразного прибора, ответная реакция которого будет вызвана конкретными особенностями среды.* Возможно биотестирование в лабораторных условиях, когда испытывается действие конкретного фактора в заданных градациях.

Как биоиндикационный, так и биотестовый подходы могут быть применены по отношению к природным и антропогенным факторам окружающей среды. Приуроченность растительных организмов к условиям, где факторы среды варьируют в пределах, не превышающих экологическую амплитуду данного вида по отношению к каждому из факторов, определя-

ется в конечном итоге ходом естественного отбора. Толерантность и конкурентная способность видов определяют отношение растительных сообществ к воздействию факторов среды. Фитоценозы, как совокупность растений, способных к успешной конкуренции друг с другом, толерантные к условиям биотопа, отражают всю экосистему (Küchler, 1984). В условиях однородности климатических условий решающими факторами в распределении растительного покрова могут стать рельеф, характер почвообразующих пород, свойства почвенного покрова, гидрологический режим местообитания.

При разработке приемов фитоиндикации природных условий были составлены списки видов-индикаторов, приуроченных к pH почвы, ее трофности, засоленности, механическому составу. Они стали результатом анализа особенностей конкретных видов, их нормы реакции и зоны оптимума по отношению к ряду факторов, составляющих биотоп. Эти виды, с учетом зональных особенностей, могут быть рекомендованы для ориентировочной (глазомерной) оценки некоторых важных свойств почвы (табл.1). Списки индикаторных видов часто включают в популярные издания по цветоводству и садоводству, но при этом важно учитывать приуроченность тех или иных видов к растительным сообществам, природным зонам и пр.

В результате изучения приуроченности растительных группировок к отдельным условиям местообитания (Викторов и др., 1962; Викторов, Ремезова, 1988), сформировалось направление индикационной геоботаники. Однако в начальный период своего развития индикационное направление справедливо упрекали в слабом привлечении статистических методов, позволявших оценить объективность существования связей растительности и среды (Миркин, Розенберг, 1979). Позднее были разработаны и успешно применены приемы количественного анализа связи растительности и среды (например, Розенберг, 1980; Голуб, 1989). Индикация с использованием структурных особенностей развития и динамики растительного покрова, отдельных видов, списков видов и индикаторных групп растений, внутривидовых форм, позволила получить интересный и разнообразный материал.

Укажем хотя бы некоторые из множества работ. Так, для аридных условий были разработаны приемы фитоиндикационной оценки мелиоративного состояния земель, степени их засоления, механического состава почв по растительности (Акжигитова, 1982). В условиях дефицита влаги были проанализированы возможности фитоиндикации гидрологического режима (Лясовская, 1980; Артамонов, 1989), глубины залегания и минерализованности грунтовых вод (Востокова и др., 1962; Алахвердиев, 1984).

Таблица 1

Некоторые виды – индикаторы почвенных условий

Индицируемый параметр	Растения	Битопическая приуроченность
Кислые почвы pH 3,0 –4,5	Сфагновые мхи, плауны, водяника, пушица влагалищная, щучка, белоус, вереск (крайние ацидофилы).	Лесные – болотные
pH 4,5 – 6	Некоторые сфагновые мхи, черника, фиалка собачья, брусника, багульник, кошачья лапка, седмичник европейский, толокнянка	Лесные – болотные
Нейтральные, слабокислые почвы	Клевер горный, к. ползучий, манжетка обыкновенная, мыльнянка лекарственная, пырей ползучий, смолевка поникшая, чистец лесной	Луговые – лесные
Щелочные почвы	Вьюнок полевой, дрема белая, мак самосейка, лебеда раскидистая, подмаренник цепкий, подорожник ланцетный, василек русский, горчак	Сорные – луговые
Богатство почв азотом	Недотрога, крапива двудомная, хмель, звездчатка дубравная, пролесник многолетний.	Лесные
	Малина, иван-чай	Вырубки
Богатство почв кальцием	Башмачок крупноцветковый.	Лесные
	Астра степная, василек русский, копеечник крупноцветковый	Каменистые степи
Бедность почв питательными элементами	Кошачья лапка, душистый колосок, вейник наземный, овсяница овечья, ястребинка волосистая, клевер пашенный, щавелек, дивала	Луга – нарушенные сообщества
Сухость почв	Донник белый, ковыли, кошачья лапка, очиток едки, тимьян ползучий	Степные
Повышенная влажность почв	Белокрыльник, дербенник иволистный, калужница болотная, тростник, рогоз	Болотные – прибрежные

Теоретические и методические основы фитоиндикации были проанализированы для основных параметров условий среды в высокогорьях (Горчаковский, Шиятов, 1985). Изучение деструктивных процессов, как свойственных природным условиям, так и усугубляемых антропогенным воздействием, с привлечением фитоиндикации открыло определенные возможности прогноза будущего состояния природных комплексов – для эрозионно-опасных песчаных и каменистых земель (Горбачев и др., 1983), засоленных и слабо закрепленных песков (Викторов, 1985), склонов, осыпей, дюн (Корженевский и др., 1983), тектонически активных участков

(Мяло, Горяинова, 1976). В восьмидесятые годы среди методов фитоиндикации выделились комплексный географо-геоботанический, геоботанический, лихеноиндикационный, лесоводственный, фитохимический.

Упомянем также об экологических шкалах – приеме оценки условий увлажнения, трофности почвы, пастбищной нагрузки и т.п. с использованием таблиц, где для видов указываются интервалы их распространения в соответствии с уровнем воздействия экологических факторов (Раменский и др., 1956; Цыганов, 1983; Ellenberg, 1974 и др. шкалы). Известны работы, в которых сопоставляются результаты использования различных балльных систем (Самойлов, 1973). По мнению Я.П. Дидуха и П.Г. Плюты, 1993, 1994, сравнивших 8 шкал – увлажнения почв, терморежима, эдафических, в том числе шкалы Раменского, Цыганова, Элленберга и др., независимо от числа ступеней, разрешающая способность шкал близка, а шкалы оптимумов не имеют заметных преимуществ по сравнению с амплитудными шкалами (Дидух, Плюта, 1993, 1994). Дальнейшее развитие балльных шкал в работах М.А. Альбицкой (1960), В.В. Тарасова (1981), и особенно Н.М. Матвеева (1995, 2003, 2006), продемонстрировало эффективность оценки условий биотопа при анализе экологических особенностей произрастающих здесь видов.

Накоплен значительный материал, свидетельствующий о влиянии геохимических условий среды обитания на растительность: так, известны примеры формирования в биогеохимических провинциях растительных группировок, используемых в качестве биоиндикаторов (Викторов, Ремезова, 1988), а также специфичных меловых флор, связанных с выходами мела и других известковых пород, галофильных флор, приуроченных к засоленным почвам (Акжигитова, 1982). При рудной минерализации горных пород происходит насыщение почв избыточными количествами химических элементов, в первую очередь тяжелых металлов – микроэлементов. В этих условиях может обнаруживаться угнетение зональной растительности вплоть до полного ее исчезновения, и преимущественное включение в растительные сообщества наиболее толерантных видов (форм) (Bradshaw e.a., 1965; Cox, Hutchinson, 1981; Растения..., 1983). Описаны различные типы флор, приуроченных к местообитаниям над рудными телами: галмейная[1], селеновая, медная флоры, флора никелевых, хромитовых, кобальтовых, баритовых и других рудопроявлений (Виноградов, 1957; Duvigneaud, 1959; Antonovics e.a., 1971; Drew, Reilly, 1972; Школьник, 1974).

[1] Название «галмейный» происходит от немецкого названия кремнекислого цинка – Galmei, в свою очередь этот слово восходит к латинскому названию минералда – calamina. Галмейными называют растения, приуроченные к почвам, богатым цинком.

Привлекательность фитоиндикации природных условий определяется тем, что с ее помощью можно оценить уровень конкретного экологического фактора косвенным путем, что особо важно, когда прямой способ оценки трудоемок, сложен, а сам фактор не поддается либо с трудом поддается непосредственному инструментальному изучению. Кроме того, непосредственная оценка условий среды в ее наземном варианте, без применения дистанционных методов исследований, чаще всего дает информацию точечного характера, тогда как фитоиндикационный вариант открывает возможности интегрированной оценки экологического фактора в пределах территории большего или меньшего размера.

Такой подход нашел практическое применение при оценке свойств почвенного покрова, кормовых угодий и пр. Применение фитоиндикации, в свою очередь, не исключает возможности использования дистанционных методов, например, аэрофотосъемки (Бострем, 1984). Наконец, для ряда экологических факторов фитоиндикационные исследования могут предоставить информацию прогностического характера (например, Горбачев и др., 1983; Корженевский и др., 1983; Викторов, 1985).

Возможна ли в городской среде фитоиндикация различных составляющих биотопа? В принципе – безусловно, однако индикация экологических факторов здесь должна осуществляться специфическим образом. *Мозаичность и высокая степень трансформированности почвенного покрова снимают задачу индикации почвенно-грунтовых условий*, тем более что в городских условиях продуценты практически утрачивают роль начального звена пищевых цепей, и уровень плодородия почвенной среды отступает на второй план. *Индикация уровня грунтовых вод также теряет значимость*, которой она обладает в природных условиях. Объективной реальностью становятся *обеднение списка местных видов высших растений, присутствующих в городских насаждениях, и повышение доли участия растений-интродуцентов,* как выращиваемых здесь человеком, так и самостоятельно вселившихся. **Главными направлениями фитоиндикации урбосреды должны стать оценка комплекса экологических условий с позиций пригодности для обитания растительных организмов и индикация уровня техногенного загрязнения (воздушной и почвенной среды).**

1.2. Перспективы фитоиндикации в контроле техногенного загрязнения

Если традиционно биоиндикационные исследования были направлены на оценку определенных природных условий местообитания, то позднее подобный подход стал применяться и по отношению к антропогенному загрязнению (Кулагин, 1974; Илькун, 1971, 1980; Николаевский, 1979; Меннинг, Федер, 1985; Биоиндикация..., 1988; Коршиков и др., 1995). Переход от однократных наблюдений к биомониторингу, то есть использованию компонентов биоты для слежения за состоянием окружающей среды, справедливо рассматривается как необходимое и логичное дополнение к мониторингу инструментальному, широко использующему сложнейшие аналитические методы исследований (Соколов, Шаланки и др., 1990). В условиях городской среды, где живые организмы, как растения, так и животные, зачастую оказываются оттесненными на второй план, значимость биомониторинговых исследований остается весьма высокой.

Исследование реакций растений в аспекте фитоиндикации уровня техногенного загрязнения весьма перспективно, так как связано с большей, чем у животных, зависимостью от внешних условий, меньшим сроком жизни организма, либо его органов и т.д. Большое внимание, уделяемое ныне биомониторингу, определяется рядом обстоятельств. Во-первых, измерение физических и химических параметров загрязненности природной среды более трудоемко по сравнению с методами биологического мониторинга. Во-вторых, в окружающей среде нередко присутствует не один, а несколько десятков токсичных в разной степени компонентов. При этом довольно часто возникает синергизм в их действии на живые организмы, при котором суммарный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности. Этот синергизм не учитывается физико-химическими методами изучения загрязненности природной среды, однако он выявляется при использовании биоиндикации, т.е. при наблюдении непосредственного воздействия загрязнителей природной среды на живые организмы (Меннинг, Федер, 1985; Биоиндикация..., 1988).

Преимущества живых индикаторов-растений состоят в том, что они: ► суммируют все биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом; ► делают необязательной применение дорогостоящих, трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров; ► отражают скорость происходящих в природной среде изменений; ► указывают пути и места скопления различных загрязнений в природных и техногенных экологических системах;

► позволяют судить о степени вредности различных ксенобиотиков для живой природы и человека; ► помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию.

Целесообразность применения растений для оценки содержания в воздухе токсических примесей определяется также и тем обстоятельством, что они в десятки раз интенсивнее осуществляют газообмен, по сравнению с человеком и животными, в силу чего обладают более высокой чувствительностью и стабильностью ответной реакции на различные действия внешних факторов (Levitt, 1972; Жученко, 1991; Пахомова, 1995). Специфика древесных растений, связанная с их долговечностью, состоит в том, что защитные биохимические реакции формируются под влиянием повторяющихся длительное время стрессов (Гамалей, 1990; Биохимические индикаторы; 1997; Судачкова, 1998). Осуществление биоиндикации техногенного загрязнения предполагает привлечение систем от клеточного (субклеточного) до надорганизменного уровня организации (например, Меннинг, Федер, 1985; Roloff, 1989; Храмова, 1988; Радченко, 1990; Власова, Филипчук, 1990; Воронцова, Ломакина, 1992; Биоценотическая характеристика..., 1998; Мовчан и др., 2001; Dale, Beyeler, 2001)

Живые организмы – биоиндикаторы могут использоваться в двух направлениях – как концентраторы загрязнения, позволяющие судить об общем уровне загрязнения среды по содержанию данных веществ в их тканях, и как чувствительные (реактивные) индикаторы, ответные реакции которых связывают с уровнем загрязнения среды (рис.1, с.6). Каждый из этих подходов связан с определенными ограничениями возможностей исследователя. *Во-первых, концентрация загрязнителя в тканях растения или животного будет зависеть от целого ряда факторов – возраста, жизненного состояния, анализируемого органа или ткани, особенностей внешней среды*, то есть не будет однозначно связана с концентрацией загрязнителя в данной точке среды. Кроме того, описанный показатель, очевидно, будет обладать видоспецифичностью (Озолиня и др., 1976; Николаевский, 1979; Гудериан, 1979; Виноградов, 1985; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Матвеев и др., 1997; Прохорова и др., 1998). В силу этого вопрос о выборе «оптимальных» биоконцентраторов в настоящее время нельзя признать решенным. *Во-вторых, почти любой показатель метаболизма или структуры растений изменяется в условиях техногенного загрязнения*, и необходимо выбрать из множества чувствительных биоиндикаторов те, чья реакция обнаруживает тесную корреляцию с конкретным уровнем загрязнения (Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Гудериан, 1979; Меннинг, Фе-

дер, 1985; Wolters, Martens, 1987; Гетко, 1989; Безель и др., 1994; Сергейчик, 1994; Коршиков и др., 1995). Предпочтительными также можно считать растения, местной флоры либо успешно интродуцированные и получившие широкое распространение виды. В области индикационной геоботаники для оценки вероятности связи биоценоза с определенным фактором среды ранее были установлены весьма высокие критерии сопряженности, на которые мы в данном случае можем опираться. Так, по баллам условной шкалы С.В.Викторова и Г.Л.Ремезовой, (Викторов, Ремезова, 1988): ► 1 балл (1 – 60% случаев сопряженности) – сообщество не является индикатором; ► 2 балла (61 – 75%) – сомнительный индикатор; ► 3 балла (76 - 90%) – удовлетворительный индикатор, ► 4 балла (91 – 99%) – верный индикатор; ► 5 баллов (100%) – абсолютный индикатор. *Аналогичной шкалы для оценки биоиндикаторов техногенного загрязнения нам не известно.* Возможно, в этом качестве может служить оценка величины коэффициента корреляции показателей условий среды и реакции объекта – биоиндикатора либо иной способ оценки данной связи.

Уровень загрязнения воздуха в широком диапазоне концентрации различных фитотоксикантов можно установить с помощью растений, отличающихся по предельному уровню безвредной или слабо повреждающей концентрации токсических газов в воздухе (Илькун, 1971; Николаевский, 1979; Сидорович, Гетко, 1979; Негруцкая, Попов, 1980; Серебрякова, 1980; Фитотоксичность..., 1986; Николаевский, Якубов, 2001, 2001б). Это позволяет, для конкретных природно-климатических условий, выявлять группы (ряды) растений в порядке их устойчивости к атмосферным загрязнителям (например, Гаевая, 1961; Илькун, 1971; Кулагин, 1974; Сергейчик, 1985, 1994), используя в дальнейшем наиболее чувствительные в качестве индикаторов и формируя системы озеленения на основе наиболее устойчивых видов (Bytnerowicz e.a., 1980; Karnosky, 1991; Алиев и др., 1992; Кулагин, 1998).

Широко известны примеры фитоиндикаторов, названные в обзорных монографиях (например, Меннинг, Федер, 1985; Биоиндикация ..., 1988). Как правило, это индикаторы, обладающие повышенной чувствительностью к одному или нескольким различным ингредиентам: так, люцерна и табак чувствительны к озону, мятлик реагирует на ПАН[1], картофель – на этилен и озон, крапива – на озон и ПАН, томаты – на этилен и окислы азо-

[1] ПАН – сокращенное обозначение пероксиацетилнитрата. Он наряду с озоном входит в состав фотохимического смога, образующегося в результате фотохимических реакций из оксидов азота. ПАН фотохимически распадается на диоксид азота и пероксиацетилрадикал, который пагубно влияет на растения, разрушая хлорофилл.

та, петуния – на этилен, озон и ПАН; картина повреждений хвои сосны обнаруживает зависимость от уровня диоксида серы в атмосфере. Эти «рекомендованные» объекты включаются в более поздние руководства по биомониторингу, в том числе предназначенные для широкого использования (Школьный экологический..., 2000; Рыжов, Ягодин, 2000, Методика экспресс – оценки...2000; Каплин, 2001; Федорова, Никольская, 2001). При этом нередко допускается упрощенный подход, когда полученные в модельном эксперименте данные считаются достаточными, чтобы рекомендовать тот или иной вид растений в качестве биоиндикатора, отражающего ситуацию в городской среде (Федорова, Никольская, 2001). Однако условия городской среды с ее сложным комплексом загрязнителей, особенно в случае резко различающихся природно-климатических условий, будет определять необходимость поиска для каждой природной зоны своих индикаторных растений.

Небольшая часть многочисленных работ, посвященных поиску биоиндикаторов среди растительных организмов, использована нами для составления сводной таблицы (табл. 2). Широко распространена практика поиска растительных организмов – концентраторов для оценки уровня загрязнения окружающей среды различными группами веществ (тяжелыми металлами, органическими и неорганическими соединениями), и сенсоров – как для оценки уровня суммарного загрязнения воздуха, так и для отдельных компонентов загрязнения. Виды-индикаторы зонально приурочены. Использование растений-концентраторов чаще направлено на оценку аэрального пути поступления загрязнителей, анализируются как масса загрязнителя, аккумулированного органами и тканями, так и загрязняющие вещества, осажденные на поверхности листьев, коры, поглощенные кутикулой.

В последнем случае орган растения выступает в качестве сорбирующего планшета, а масса осажденного загрязнителя в большей степени определяется внешними условиями.

У растений-сенсоров реакциями на техногенное загрязнение являются морфологические, анатомические, физиолого-биохимические изменения. Среди наиболее часто используемых показателей можно назвать структурно-функциональные изменения листьев, появление хлорозов и некрозов. На уровне физиолого-биохимических откликов зачастую рассматриваются изменения фотосинтетического пигментного аппарата, активности дыхательных ферментов, компонентов антиоксидантной системы, накопление стрессовых метаболитов. Среди показателей генеративных структур в биомониторинге предлагается оценка качества пыльцы.

Таблица 2

Некоторые биоиндикаторы и их использование в контроле загрязнения

Биоиндикатор (биотест), его показатели	Индицируемый параметр	Авторы
А. Биоиндикация		
«Индикаторы-концентраторы»		
Мхи и лишайники, химический состав	Низкие уровни техногенного загрязнения	Берзиня, Берзиня, 1978
Дуб, лещина, зольность листьев, элементный состав пыли на листьях	Техногенное загрязнение	Аржанова, Елпатьевский, 1980
Сфгнум, концентрация Cd	Загрязнение Cd	Glooschenko, 1989
Сосна, кутикулярный воск хвои	Содержание ДДТ и др. ХОС	Eriksson e.a., 1989
Сосна крымская, кедр гималайский, накопление серы в хвое	Загрязнение воздуха сернистыми соединениями	Щербатюк, 1990
Платан, сосна; кутикула и восковой налет на листьях	Загрязнение воздуха хлорорганическими соединениями	Grainier, Chevrieuil, 1992
Тополь, кора	Содержание Fe, Mn, Pb, Ni, Zn	Тютюнник, 1994
Финиковая пальма, листья, налет пыли на листьях	Загрязнение Pb и др. ТМ	Al-Shayeb e.a., 1995
Береза, листья	Содержание ТМ	Hrdlicka, Kula, 1998
Кора древесных растений (кортексоиндикация)	Накопление ТМ	Биоценотическая ..., 1998
«Индикаторы-сенсоры»		
Древесные растения, активность полифенолоксидазы и пероксидазы в листьях	Техногенное загрязнение диоксидом серы, диоксидом серы, аммиаком	Рачковская, Ким, 1980
Луговик, вейник, черника, ель; активность пероксидазы в листьях	Техногенное загрязнение	Schulz, 1980
Ель, электропроводность водных экстрактов коры	Техногенное загрязнение сульфатами	Härtel e.a., 1980
Содержание фотосинтетических пигментов в хвое сосны	Уровень техногенного загрязнения	Keller e.a., 1986; Фарафонтов, 1991, 1991a
Зверобой продырявленный, некрозы листьев	Загрязнение фтором	Melišková, Jamrich, 1988
Древесные и кустарниковые растения, содержание фосфора в листьях	Загрязнение среды ТМ	Бессонова, Лыженко, 1989
Каштан конский, тополь черный, клен остролистный, ирис обыкновенный, лилейник желтый, пион, жизненное состояние	Загрязнение окружающей среды СПАВ	Козюкина, 1990
Сосна обыкновенная, аномалии развития хвои и побегов	Техногенное загрязнение	Левон, 1990
Виды родов табак, фасоль, клевер, крапива, горошек, гладиолус, появление хлорозов и некрозов	Загрязнение атмосферы диоксидом серы, озоном, фтористым водородом	Bermadinger e.a., 1991
Листья древесных растений, pH экстрактов, содержание аскорбиновой кислоты, хлорофилла, воды	Техногенное загрязнение воздуха в городской среде	Singh, 1993

Биоиндикатор (биотест), его показатели	Индицируемый параметр	Авторы
Абрикос, береза, каштан конский, сирень; фертильность и размеры пыльцы	Загрязнение среды тяжелыми металлами	Бессонова, 1992
Сосна обыкновенная, сохранность семяпочек	Автотранспортное загрязнение	Романовский, 1993
Тополь, хромосомный набор меристем	Мониторинг мутагенов в окружающей среде	Гуськов и др., 1993
Сосна обыкновенная, состояние хвои, побегов	Техногенное загрязнение	Ковригина, Петункина, 1995
Береза, структурно – функциональное состояние листьев	Техногенное загрязнение	Вайшля и др., 1995
Осина, показатели пигментного аппарата листьев, активность дыхательных и фотосинтетических ферментов	Техногенное загрязнение	Вайшля и др., 1995а
Цветение, плодоношение, жизнеспособность семян клена остролистного, каштана конского; активность супероксиддисмутазы (береза), фосфорилазы, глюкозодегидрогеназы (конский каштан)	Загрязнение среды ТМ	Бессонова и др., 1995
Бук, астра, движения устьиц	Уровень загрязнения воздуха (озон)	Robinson e.a., 1998
Тополь, вяз, сирень, хромосомные перестройки в меристемах, интенсивность накопления малонового диальдегида	Техногенное загрязнение городской среды	Мирзоян, 1999
Береза, флуктуирующая асимметрия листовой пластинки	Качество городской среды	Стрельцов, Логинов, 1999; Мокров, Гелашвили, 1999.
Растения клещевины, показатели роста, активности пероксидазы и нитратредуктазы, содержания хлорофилла, буферной емкости листьев	Автотранспортное загрязнение воздуха	Kammerbauer, 2000
Б. Биотестирование		
Пыльца цветковых растений, прорастание	Присутствие гербицидов	Salgare, Sebastian, 1988
Растения овса, накопление пролина и пигментов	Загрязнение почвы ТМ	Лапина и др., 1989
Бриофиллум, появление хлорозов	Загрязнение воздуха диоксидом серы	Raza, Shylaja, 1989
Лук, меристема корней проростков, хромосомные аберрации	Загрязнение почв и воды мутагенными веществами	Чихачев, 1990
Семена злаков и др. культур, всхожесть семян, рост корней проростков	Загрязнение почв и воды пестицидами	Гончарук, Сидоренко, 1986
Побеги ивы, интенсивность транспирации	Загрязнение воды, почвы	Trapp e.a., 2000

Примечание. Обозначения в таблице: ТМ – тяжелые металлы, СПАВ – синтетические поверхностно активные вещества, ХОС – хлорорганические соединения.

Что касается применения биотестов, они представляют собой как структурно автономные объекты (растения, семена и проростки, пыльцевые зерна), так и органы растений (высечки листьев, корни, побеги). В качестве направления тестирования могут быть загрязнение воды, воздуха, почвы как отдельными загрязнителями, так и суммой веществ.

Наиболее многообещающими в качестве биоиндикационных могут явиться показатели первичных реакций растений на присутствие загрязнителей на уровне биохимических процессов, однако их определение требует лабораторного оборудования и зачастую трудоемко (показатели активности различных ферментов, антиоксидантной системы, концентрация стрессовых метаболитов). Эти показатели лабильны и изменяются под влиянием внешних условий, в том числе и не связанных с техногенезом. Таковы, например, показатель активности пероксидазы, который часто рассматривается в связи с техногенным загрязнением (Сарсенбаев, Полимбетова, 1986; Коршиков и др., 1991), но изменяется и при температурных стрессах, патогенезе (Андреева, 1988). Накопление свободных аминокислот, особенно пролина, происходит у растений при различных стрессовых воздействиях (Бритиков, 1975), в том числе и техногенном загрязнении (Биохимические..., 1997).

Вторым перспективным уровнем представляется уровень результирующих ростовых процессов, дающий неспецифический, опосредованный ответ организма на весь комплекс условий местообитания. При этом нужно учитывать биотопические особенности местообитания (различия почвенного покрова, метеоусловий, освещенности). Также в процессе поиска фитоиндикаторов следует учесть, что признаки растений обладают неодинаковым уровнем изменчивости (Крамер, Козловский, 1963; Мамаев, 1968, 1972, 1975; Ростова, 1990).

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ, ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РАСТЕНИЙ И БИОМОНИТОРИНГА

2.1. Особенности экологических условий урбосреды

Специфическая особенность городской среды заключается в том, что, испытывая мощное воздействие комплекса антропогенных факторов, она сама становится весьма ощутимым фактором воздействия на природные системы и человека (Вергунов, 1982; Владимиров и др., 1986; Окружающая среда..., 1988; Природный комплекс..., 2000). Стратегия оптимизации должна исходить из учета специфических особенностей городской экосистемы и осуществляться на основе ряда принципов, важнейшими из которых являются усиление автотрофности, регулярный мониторинг состояния окружающей среды, подъем экологической культуры населения. Исследование проблемы оптимизации городской среды требует системно-междисциплинарного подхода (Гальцева, Козлова, 1990). Формирование города сопровождается глубоким преобразованием всех компонентов природных экосистем (рис.2.).

Городская среда резко отличается от природной по освещенности, величине солнечной радиации, температуре и влажности воздуха (например, Лунц, 1966; Климат большого города..., 1965; Чистякова, 1988). На примере анализа условий крупного современного города (Киев) было выделено три группы факторов, которые формируют специфические погодные условия города. *К первой группе* относится преобладание искусственных поверхностей из асфальта, камня, стекла и бетона, что изменяет соотношения составляющих водного, радиационного и светового баланса. *Вторая группа* факторов связана с влиянием совокупности многоэтажных объектов как динамической преграды на пути воздушных потоков. *Третья группа* факторов определяется наличием промышленных и транспортных объектов, выбрасывающих в атмосферу города разнообразные пылевые и газовые примеси. (Щербань, 1990). Нельзя забывать и о тепловом загрязнении, приводящем к формированию над крупными населенными пунктами островов тепла, обеспечивающих превышение температуры по сравнению с пригородными территориями на 3-5 и более градусов. С другой стороны, зеленые насаждения городов снижают отрицательное воздействие как городского острова тепла, так и техногенного загрязнения (Wilmers, 1988).

На интенсивность городского острова тепла оказывают влияние размер территории, развитие промышленности, наличие бризовой или горной циркуляции (Златкова, Ценкова, 1988). Для промышленных зон по сравнению с загородными районами характерно уменьшение прямой и увеличение рассеянной радиации в связи с повышенным содержанием аэрозолей в воздухе (Лингова, Иванчева, 1988).

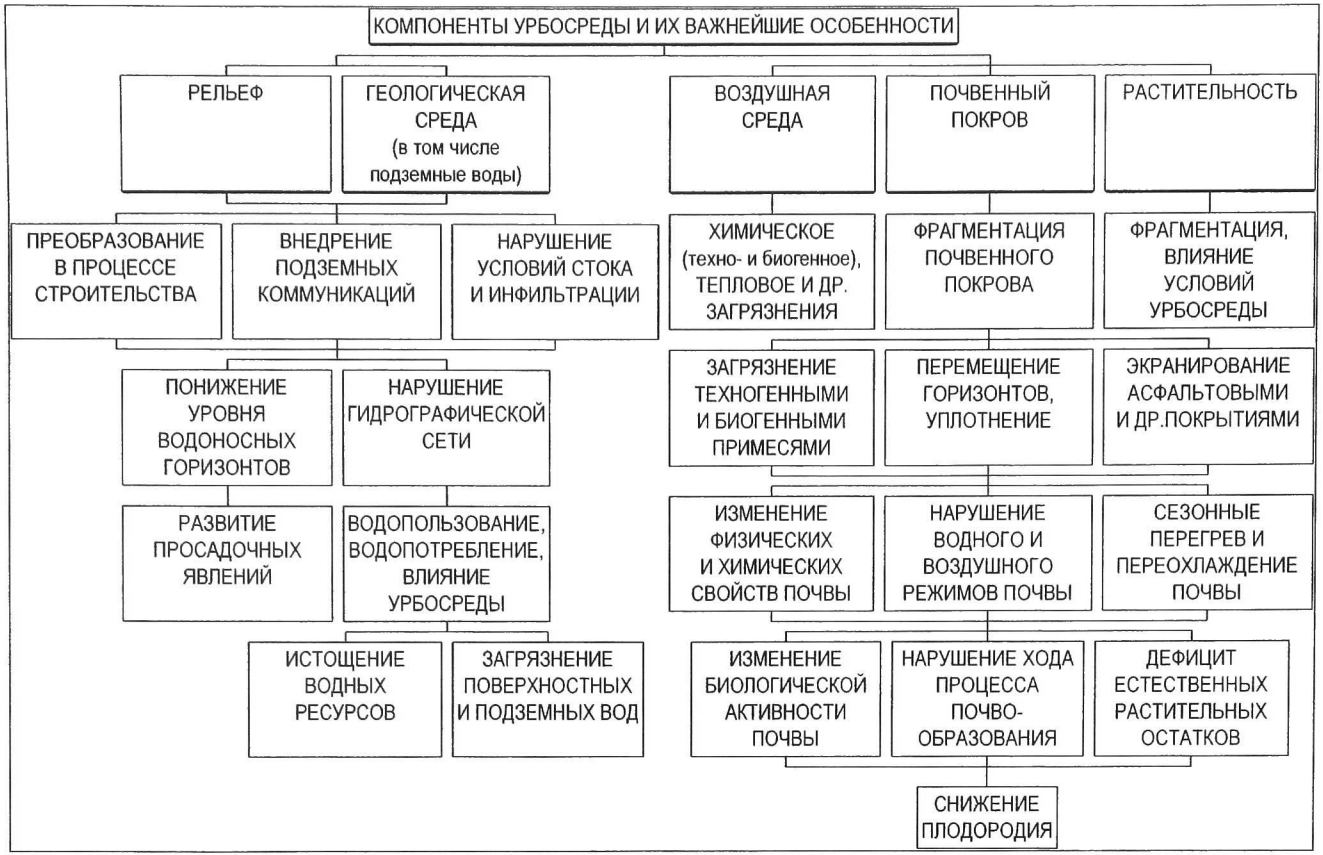


Рис. 2. Особенности компонентов урбосреды как следствие ее развития и функционирования

В воздушном бассейне города содержится значительное количество выбросов промышленных предприятий, тепловых электростанций и транспорта, загрязняющих атмосферу и отрицательно влияющих на развитие и жизнедеятельность растений (Илькун, 1971; Кулагин, 1974, 1985; Артамонов, 1986; Барахтенова, Николаевский, 1988; Горышина, 1991).

В особенности вредно для растений избыточное содержание в воздухе углекислого газа, сернистых соединений, сажи и пыли (Антипов, 1979; Гудериан, 1979; Загрязнение воздуха..., 1988). В связи с бурным развитием промышленности и увеличением объемов сжигаемого топлива количество углекислого газа в атмосфере Земли возрастает. Кроме углекислого газа, воздушная оболочка биосферы при сжигании топлива загрязняется также окисью углерода, окислами серы и азота, углеводородами, тяжелыми металлами, а также твердыми пылевидными частицами.

Фонд техногенных загрязнителей атмосферы, почвенного покрова, воды в городской среде активно пополняет автомобильный транспорт (Forman, Gordon, 1986; Кавтарадзе и др., 1999; Ложкин, 2001). Круг проблем, связанных с влиянием автотранспорта на растительность, достаточно широк. Здесь должны быть названы: воздействие оксидов углерода, азота, углеводородов и альдегидов выхлопных газов, вызывающих отмирание листьев, хлороз, нарушение их нормального роста, фотохимического смога, а также влияние на растения соединений свинца, добавляемых в бензин, и солей, применяемых для борьбы с обледенением в зимнее время (Forman, Alexander, 1998). Таким образом, автотранспорт представляет собой источник комплекса загрязняющих веществ, образующийся с участием выхлопных газов под воздействием солнечной радиации и др. факторов.

Токсические загрязнители атмосферного воздуха, упомянутые выше, оказывают отрицательное воздействие на фотосинтез. Пораженные растения отстают в росте и развитии и нередко погибают (Антипов, 1979; Николаевский, 1979; Промышленная ботаника, 1980; Сергейчик, 1994, 1999). В городских условиях деревья быстрее стареют (Bassuk, Whitlow, 1988) и даже гибнут в 30-50 лет, в то время как в естественных условиях этот момент наступает в 200-400 лет и более в зависимости от долголетия породы (Озеленение населенных мест, 1987). Единого взгляда на то, насколько выражен должен быть акцент на использование в городах быстрорастущих древесных растений, нет. По мнению одних авторов, создание городских насаждений из быстрорастущих древесных пород, обычное в первые послевоенные годы, изжило себя не только в крупных индустриальных центрах, но и в малых городах (Бакланов, 1988). Другие настаивают на преимущественном использовании в урбанизированном ландшафте быстрора-

стущих тополей и ив (Motti, 1987), имеющих высокий адаптивный потенциал (Кулагин, 1998).

Деревья в искусственных для них городских условиях подвергаются неблагоприятным физическим и химическим воздействиям, связанным с современным ведением городского хозяйства. Неудовлетворительное санитарное состояние древесных насаждений в большинстве случаев вызвано прямым и косвенным антропогенным воздействием (Горышина, 1991). Большинство пород деревьев, произраставших в городах в прошлые столетия, не соответствуют современным условиям: крона слишком развита, корневая система слишком разветвлена, листья, плоды и хвоя засоряют проезжую часть улиц. Городские условия весьма разнообразны и требуют тщательного выбора пород деревьев (Durand, 1989; Rumelhart, 1989; Якушина, 1982). Одной из причин ослабленного состояния древесных растений в городе может быть слабое развитие микоризы на корнях, обеднение состава, снижение численности грибов – симбионтов (Danielson, Pruden, 1989).

Рост и развитие древесных растений в городах ухудшаются и под влиянием иных агентов антропогенного происхождения (Ходаков, 1979). Патологические явления у растений возникают в результате бедности состава и низкого плодородия насыпных грунтов, содержащих примесь строительного мусора; чрезмерного уплотнения верхнего слоя почвы, затрудняющего корневое дыхание, а также поглотительную деятельность корневых волосков; ограничения площади питания для корневых систем деревьев и кустарников, в особенности произрастающих на улицах и площадях; воздействия на корневые системы теплового излучения теплотрасс; вибрации верхних слоев почвы в зоне интенсивного транспортного движения, а также хлоридов, используемых для обработки тротуаров в зимний период (Кулагин, 1985; Горышина, 1991). Для поддержания в функционирующем состоянии системы зеленых насаждений города желательно не только давать количественную оценку повреждений деревьев, но и рассматривать развитие самого процесса поражения, дифференцируя повреждения, вызванные различными причинами, в том числе и загрязнением окружающей среды (Westman, 1988). Так, повреждения листового аппарата древесных растений паутинными и галлообразующими клещами могут внешне быть похожими на повреждения листьев токсическими газами, в том числе озоном (Donaubauer, 1988).

С другой стороны, присутствие растительности в городе способствует повышению комфортности среды обитания человека и улучшению его физического самочувствия (Боговая, Теодоронский, 1990). Неоценима роль древесных растений в улучшении городской среды. Они поглощают 20-

80% пыли, 18-32% газов, выделяют кислород, фитонциды, легкие отрицательно заряженные ионы, снижают температуру, нередко улучшают среду до комфортной (Лунц, 1979; Озеленение..., 1987).

Сильное задымление и запыленность воздуха в городе, а также более частая повторяемость туманов, задерживают значительную долю солнечных лучей. Растения испытывают недостаток света из-за прямого затемнения (в районах с многоэтажной тесной застройкой, на узких улицах и т. д.). Есть и еще одна особенность светового режима в городе – дополнительное освещение улиц, искусственное продление светового дня. Из-за уменьшения прозрачности воздуха в городе меняется спектральный состав света вследствие обеднения лучами, наиболее ценными для фотосинтеза – фотосинтетически активной радиации (ФАР). Таким образом, городские растения получают ослабленный по интенсивности и ухудшенный по качеству свет.

Тепловой режим почвы в городах также достаточно необычен для жизни растений. В жаркие летние дни асфальтовые покрытия, нагреваясь, отдают тепло не только приземному слою воздуха, но и поверхностным слоям почвы. Особенно горячим бывает слой почвы под самым асфальтом (до 50-55°С). В результате этого верхние слои городских почв практически не содержат живых корней, а температура подземных органов у городских деревьев нередко выше, чем надземных (Ходаков, 1981). Зимой на улицах городов, где убирают снег, а слой асфальта характеризуется высокой теплопроводностью, почвы охлаждаются до -10°...-13°С, что может привести к опасному промерзанию корней. Результирующая разность температур в корнеобитаемых слоях городских почв составляет 40°-50°, в то время как в естественных условиях умеренных широт она не превышает 20°-25° С.

Над городами выпадает примерно на 10 – 15% больше осадков, чем над окружающими территориями. Однако даже в условиях обилия осадков городские растения часто испытывают недостаток в почвенной влаге, что относится в первую очередь к уличным насаждениям. С асфальта дождевые воды стекают в канализационную сеть, вследствие чего часть атмосферных осадков теряется. Уменьшение количества влаги, испаряющейся с поверхности, ведет к снижению влажности воздуха.

Городские почвы не всегда подходят под классическое определение почвы как природного естественно-исторического тела (Bridges, 1989; Лебедева, Тонконогов, 1993), тем не менее они являются биокосной многофазной системой, состоящей из твердой, жидкой и газовой фаз с непременным участием живой фазы и выполняют определенные экологические функции. Почвы в городе образуются под воздействием тех же факторов почвообразования, что и зональные, при доминирующем антропогенном

факторе (Веденяпин и др., 1994). В широком понимании городская почва – это любая почва или почвоподобное тело, функционирующее в окружающей среде города. В узком смысле термин определяет почвы и почвоподобные тела, находящиеся под «прессом» города и/или сформированные деятельностью человека, которые одновременно является и пусковым механизмом, и постоянным регулятором городского почвообразования (Строганова, Агаркова, 1992).

Деятельность человека в пределах крупных городов приводит к существенному и часто необратимому изменению окружающей среды. Урбанизация вызывает уничтожение естественных экосистем и возникновение ландшафта «крыш и асфальта» в сочетании с открытыми – «незапечатанными» участками окружающей среды (Зеликов, 1964; Баширова, 1975; Рохмистров, Иванова, 1985; Bridges, 1989; Строганова и др., 1997).

Почвы городов имеют ряд отличительных особенностей. Очень часто они сильно уплотнены, с поверхности покрыты слоем строительного мусора, который может пронизывать почвогрунт на значительную глубину (до 1,5 м), городские почвы могут быть пропитаны нефтепродуктами, содержать тяжелые металлы в токсичных дозах (Гантимуров, Баширова, 1964). Сильно уплотненные почвы содержат мало воздуха, их дренирующие свойства плохо выражены, поры быстро заполняются водой, вытесняющей воздух, что негативно сказывается на росте и развитии растений (Мамаева, 1964).

Одним из факторов, который вызывает угнетенное состояние или гибель растения в условиях города, является повышенная рекреационная нагрузка и как следствие вытаптывание надпочвенного покрова и уплотнение поверхности почвы (Васильева, 1973; Карпачевский и др., 1978; Соколов, Зеликов, 1982; Спиридонов, 1983; Ковалев, 1986; Иванов, 1990). В результате рекреационного давления в парках и скверах происходит деградация живого надпочвенного покрова, уплотнение почвы, изменение ее физических свойств, биохимических и микробиологических процессов. Уплотнение ведет к резкому снижению водопроницаемости и воздухообмена в почве. Водопроницаемость на тропинках снижается до семи раз, при этом уменьшается структурность и пористость, в результате влага либо стекает с поверхности, либо испаряется, не достигая корнеобитаемого слоя (Соколов, Зеликов, 1982). На вытоптанных площадях в 2-3 раза увеличивается глубина промерзания. Величина и характер водопроницаемости или скорость фильтрации сильно изменяются, что вызывает водопроницаемость провального характера (Строганова и др., 1997). Помимо уплотнения, для городских почв, независимо от характера материнской и подстилающей

пород, свойственно увеличение объемной массы, изменение структуры почвенных горизонтов в сторону слоеватости и формирования крупнопластинчатых отдельностей, увеличение содержания тонкодисперсных фракций и более равномерное размещение их по почвенному профилю. Скелетный материал почв города заметно отличается от скелетности типичных (зональных) почв. Он представлен большим количеством строительного и бытового мусора в сочетании с промышленными отходами, торфокомпостной смесью, включениями фрагментов естественных почвенных горизонтов. Еще одной особенностью почв городов является снижение их кислотности и смещение реакции почвенного раствора к нейтральной (слабощелочной) pH. Это связывают с насыщением почвы ионами кальция, вымывающимися из известняка или бетона зданий под воздействием закисленных осадков (Bridges, 1989).

При посадке газонных трав, деревьев и кустарников в новых городских микрорайонах все чаще приходиться создавать плодородный поверхностный слой почвогрунта (толщиной 15-20 см) за счет завоза его со стороны и рассыпке на озеленяемой территории. Например, в Москве естественный почвенный покров на большей части города уничтожен. Зеленые насаждения скверов, бульваров и газонов создаются на искусственных гумусированных почвенных субстратах мощностью от 30 до 100 см (Осипов, 1994; Экология Москвы..., 1997). Свойства и качества насыпного почвогрунта не соответствуют типичным генетическим горизонтам. В насыпном почвогрунте идет своеобразный почвообразовательный процесс. При этом осуществляются процессы гумификации и минерализации органических остатков, нитрификации и денитрификации, формируется практически новый тип почвы, причем, скорость почвообразовательного процесса значительно превышает ее естественный ход. Благодаря своим биогеохимическим особенностям и огромной активной поверхности тонкодисперсной части почва превращается в «депо» токсических соединений и одновременно становится одним из важнейших биогеохимических барьеров для ряда соединений (тяжелых металлов, минеральных удобрений, пестицидов, нефтепродуктов) на пути их миграции из атмосферы в грунтовые воды и речную сеть. Почва переводит поверхностные сточные воды в грунтовые и очищает их, выполняет функцию защитного барьера от загрязнения пресных вод и водоемов.

Городские почвы как среда обитания значительно обеднены по составу, структуре и функционированию. В условиях городской среды изменяется состав, численность и устойчивость микробных сообществ по сравне-

нию с ненарушенными территориями. Почвенные биосистемы города подвергаются существенным структурным преобразованиям.

Устойчивое перенесение комплекса условий городской среды обеспечивают особые черты строения и физиологии растений, например, плотные покровные ткани, защищающие как от иссушения, так и от проникновения загрязнителей; повышенная способность к регенерации и отрастанию при повреждениях; быстрый и интенсивный рост, когда вновь образующаяся фитомасса «разбавляет» концентрацию поглощенных загрязнителей в теле растения (Илькун, 1979; Кулагин, 1985; Артамонов, 1986). Листопадные древесные и кустарниковые породы оказываются в более выгодном положении, поскольку имеют возможность ежегодно при листопаде избавляться от поглощенных загрязнителей, в то время как у вечнозеленых они накапливаются год за годом. В качестве «невольных» защитных реакций действуют сами последствия угнетения в городских условиях. Например, у городских деревьев ксероморфоз листьев, имеющих плотные ткани и менее развитые межклеточные полости, означает меньшую вентилируемость листа, а, следовательно, и меньшую способность к поглощению токсикантов. **Повышенная устойчивость растений к городским условиям обеспечивается не выработкой новых адаптационных свойств, а проявлением приспособлений, развившихся ранее, в естественной среде,** для защиты от различных экологических невзгод, и оказавшихся полезными в новых жестких условиях. Адаптивные реакции могут обнаруживаться на любых уровнях организации растительного организма, от метаболических (Сарсенбаев, Полимбетова, 1986; Коршиков и др., 1991; Сергейчик, 1999) до уровня органов и организма (Горышина, 1979; Гродзинский, 1983; Сергейчик, 1994).

Система функционального зонирования территории современных городов, в соответствии с которой распределяются и насаждения (Озеленение населенных ...; 1987; Боговая, Теодоронский, 1990) подразумевает наличие объектов озеленения, преимущественно закрытых для широкого посещения либо, напротив, активно эксплуатируемых, приближенных к зоне техногенных выбросов или сравнительно удаленных от нее. В результате здесь могут быть представлены растения, в разной мере толерантные к комплексному антропогенному воздействию либо его составляющим. Насаждения будут характеризоваться различными эстетическими достоинствами и долговечностью. Далее будут рассмотрены их особенности с точки зрения происхождения, видового состава и перспектив использования в мониторинге.

Необходимость контроля качества городской среды очевидна и определяется в первую очередь компактным проживанием здесь человеческих популяций, испытывающих на себе влияние комплекса условий урбосреды. Состояние окружающей среды городов в настоящее время оценивается различными путями. Достаточно широко проводится контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воде, более локальный характер носит контроль почвенной среды. Собирается статистическая информация о тенденциях изменений состояния здоровья населения. Имеются примеры сбора и обобщения комплекса данных, относящихся к состоянию различных компонентов окружающей среды в конкретных регионах (Государственный доклад..., 1997б 1998, 1999; Петров, 1998; Хоружая, 1998). Все это представляет необходимые этапы для формирования единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), в рамках которой должны осуществляться сбор информации, ее осмысление для оценки текущего состояния и прогноза будущих изменений окружающей среды. Для оценки состояния окружающей среды используются как дистанционные, так и наземные методы исследований. Методы аналитического контроля в наземном варианте дают информацию точечного (локального) характера, а для оценки уровня загрязнения в пределах всей территории города либо ее части используют расчетные модели (Руководство по контролю..., 1979; Владимиров и др., 1991). Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. Устанавливаются посты наблюдений трех категорий: стационарные, маршрутные, передвижные (подфакельные). Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливают в заранее выбранных местах. Посты устанавливаются в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках, зонах отдыха. Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно (нецелесообразно) установить стационарный пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например, в новых жилых районах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатория, которая оснащена необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливают в заранее выбранных точках. Число стационарных постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, рассредоточенности мест отдыха (Руководство по контролю..., 1979; Беккер, Агаев, 1989; Владимиров и др.,

1991; Мониторинг состояния..., 1995; Контроль химических..., 1998). Несмотря на важность получаемых путем экоаналитического (физико-химического, физического, химического) контроля загрязнения, он не дает исчерпывающей информации о состоянии окружающей среды города. Так, из десятков присутствующих в воздухе загрязнителей отслеживается концентрация ограниченного числа наиболее массовых, причем ни концентрация остальных, ни эффекты взаимодействия между ними не учитываются. Кроме того, собственно информация о наличии в воздухе и других средах загрязняющих веществ и соответствии их концентрации уровню ПДК еще не дает представления о мере комфортности условий существования для биоты и населения.

Биоиндикационные исследования, зачастую не требуя сложной аппаратуры, необходимы для оценки воздействия сложившихся негативных условий на живые компоненты экосистем. Такой информации не может предоставить использование чисто инструментальных физических либо химических методик, позволяющих установить концентрации различных загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве. Дополнительным преимуществом биологического мониторинга является то, что он позволяет улавливать изменения непосредственно биоты, а не химических и физических показателей, которые могут изменяться во времени, а их воздействие на биоту – накапливаться. Биологический мониторинг позволяет зафиксировать изменения, вызванные небольшими количествами загрязнителей, получить интегрированный ответ на длительное воздействие, оценить ситуацию в пределах определенной территории (Cullen, 1990). Растительные организмы, тесно зависящие от комплекса условий местообитания, следует рассматривать как ценнейшее звено системы биомониторинга.

Другим моментом, привлекающим внимание к биоиндикационным исследованиям, является возможность участия в них не только профессионалов-биологов, но и работающих под их руководством школьников, студентов, любителей (What is..., 1997; EPA's Volunteer..., 1997; Lee, 1994; Richardson, 1997) Привлечение этих добровольных помощников позволяет расширить объем получаемой первичной информации, дальнейшая обработка и осмысление которой являются непосредственными задачами специалистов. У юных участников мониторинговых исследований формируется экологически верный взгляд на процессы взаимодействия в системе «природа-общество».

Следует отметить, что опыт такого рода биомониторинговых и близких к ним исследований достаточно обширен. В течение более чем ста лет национальная служба погоды США использует помощь любителей в сборе

сведений о погоде в стране, сейчас число непрофессиональных метеостанций составляет более 11500 при 300 профессиональных. Нередко на этих любительских станциях собирается информация в течение 25-50 лет и более, 500 станций работает непрерывно в течение 100 лет (What is..., 1997). С начала века американские биологи используют помощь широкого круга добровольцев для изучения перелетов птиц, миграций рыб, контроля состояния популяций промысловых рыб, соответствующие программы начали работу с 1900, 1920 и 1954 г. соответственно. К более позднему периоду относится начало работ по контролю качества водной среды с использованием Агентством охраны окружающей среды США непрофессионалов. В 1975 году силами добровольных помощников была собрана первичная информация о качестве водной среды в 250 озерах штата Миннесота, позже подобные исследования были проведены в других районах. Выстроенная система взаимодействия профессионалов и любителей, включающая обучение, представление единых форм отчетности, широкий обмен опытом, позволяет получать достоверные данные, пригодные для последующего научного анализа (EPA's Voluntee ..., 1997). Существуют печатные издания, на страницах которых участники мониторинга водоемов США рассказывают о работе и возникающих проблемах, организуются научные семинары и конференции.

Для исследования состояния наземных экосистем с участием непрофессионалов наиболее часто в качестве объекта биомониторинга рассматривались лишайниковые сообщества. Так, в 1971 г. Консультационный центр образования (Кембридж, Великобритания) организовал обследование лишайников на территории Британских островов с участием 15 000 школьников. С 1983 по 1988 объединенная программа подобного рода была проведена в Ирландии. Более чем 10-летние наблюдения с участием школьников позволили составить карту лишайников г. Гамбурга. С 1996 г. в рамках Проекта по изучению загрязнения воздуха в 13 странах Европы организуется сбор данных о кислотности выпадающих осадков и распределении лишайников (Richardson, 1997). Агентством по охране окружающей среды Канады развертывается ряд проектов, которые также широко используют участие учащейся молодежи и добровольцев в сборе первичной информации о состоянии окружающей среды. Эти проекты связаны с изучением биологического разнообразия, исследования лесных, луговых, тундровых и болотных сообществ. Часть проектов связана с мониторингом отдельных видов или групп видов (дождевые черви, насекомые, амфибии, грибы, мхи, лишайники), отдельные проекты посвящены сбору фенологической информации, мониторингу биологического загрязнения экосистем

видами растений-интродуцентов. Для участников мониторинга разработаны указания, введенные в сеть »INTERNET», разработаны протоколы наблюдений и формы представляемой отчетности.

Определенный опыт вовлечения в мониторинговые исследования школьников и студентов имеется и в нашей стране. Отрадно отметить, что в последние годы работа в этом русле оживилась, издаются методические руководства для юных исследователей (Кузнецова и др., 1994; Асланиди, Вачадзе, 1997; Школьный экологический..., 2000; Рыжов, Ягодин, 2000), полученные ими первичные материалы используются для оценки состояния природных и урбанизированных территорий. Биоиндикационные исследования с участием школьников и студентов проводятся в пригородных лесах Подмосковья (1997), в Калуге и других городах России. Участие студентов в исследованиях биомониторинговой направленности является общей практикой для вузов России, в том числе и Самарского государственного университета. В то же время комплексной системы биомониторинга, использующей сбор первичной информации непрофессионалами, в России, пока не существует. На данном этапе можно ставить вопрос об организации его первичных «опорных пунктов».

Таким образом, изучение городской растительности важно в аспекте оценки состояния окружающей среды. Во-первых, объединение информации «технологического» и биологического мониторинга исключительно важно для понимания экологической ситуации в городской среде. Для формирования полноценных систем фитоиндикации условий урбосреды наиболее сложным моментом пока остается именно проблема выбора значимых индикат, но уже ясно, что универсальными для разных природно-климатических условий они быть не могут. Во-вторых, изучение городской растительности является важнейшим полигоном для приобщения к исследовательской деятельности студентов и школьников.

Наконец, изучение городской растительности дает пополняющийся материал о ее состоянии, позволяя определять оптимальные компоненты озеленения и формы их использования. В практическом аспекте это значит, что регулярный мониторинг состояния городской растительности станет поддержкой в работе служб озеленения, направляя их внимание на объекты, требующие замены, ремонта, оптимизации. Исследование состояния растений в урбосреде может рассматриваться как триединая задача, помогающая решению практических и социальных задач современного города.

Особенности городской среды в условиях лесостепи, которые анализировались нами для г. Самары, заключаются в отчетливой выраженности пространственной и временной неоднородности условий – гетерогенности.

Пространственная гетерогенность (*мозаичность*) различных участков городской территории в случае г. Самары являет собой результат наложения на изначально мозаичные условия междуречья Волги и Самары воздействия антропогенного фактора в различном режиме, вплоть до полного нарушения природных сообществ. Это касается рельефа, микроклимата, особенностей почвенного покрова, насаждений в отношении их генезиса, возраста и состава, а также уровня техногенного и автотранспортного загрязнения (рис. 3).

Временна́я гетерогенность условий г. Самары (рис. 4) обеспечивается особенностями континентального климата умеренных широт с изменчивостью, от года к году, ведущих показателей гидротермического режима, в первую очередь количества и динамики выпадения осадков, гидротермического коэффициента Селянинова. Неодинаковым уровнем в ряду лет характеризуется присутствие в воздухе г. Самары техногенных загрязнителей. Результатом существования пространственно-временной гетерогенности урбосреды крупного индустриального центра в лесостепи является сложный характер зависимости ответных реакций растений от всего комплекса условий местообитания, а не одного лишь уровня техногенного загрязнения.

С другой стороны, климатические и биотические факторы могут изменять характер воздействия на растения техногенных загрязнителей атмосферы, и наоборот. Так, показано повышение восприимчивости древесных и травянистых растений к заморозкам на фоне воздействия диоксида серы, смеси диоксидов серы и азота, озона.

Эдафический режим влияет на восприимчивость различных видов растений к воздействию поллютантов (Mansfield e.a., 1988). Можно ожидать, что условия лесостепи позволят индицировать уровень техногенного загрязнения в более опосредованном, чем в лесной зоне, варианте, и потребуют иного набора методов.

Список методик, предлагаемых для использования в мониторинге загрязнения окружающей среды, достаточно широк, и разработаны они были для разных природных зон. Предварительный этап организации системы фитомониторинга должен включать экспериментальную критическую оценку значимости этих методик в лесостепной зоне и выбор модельных насаждений – пунктов сбора информации фитомониторинга.

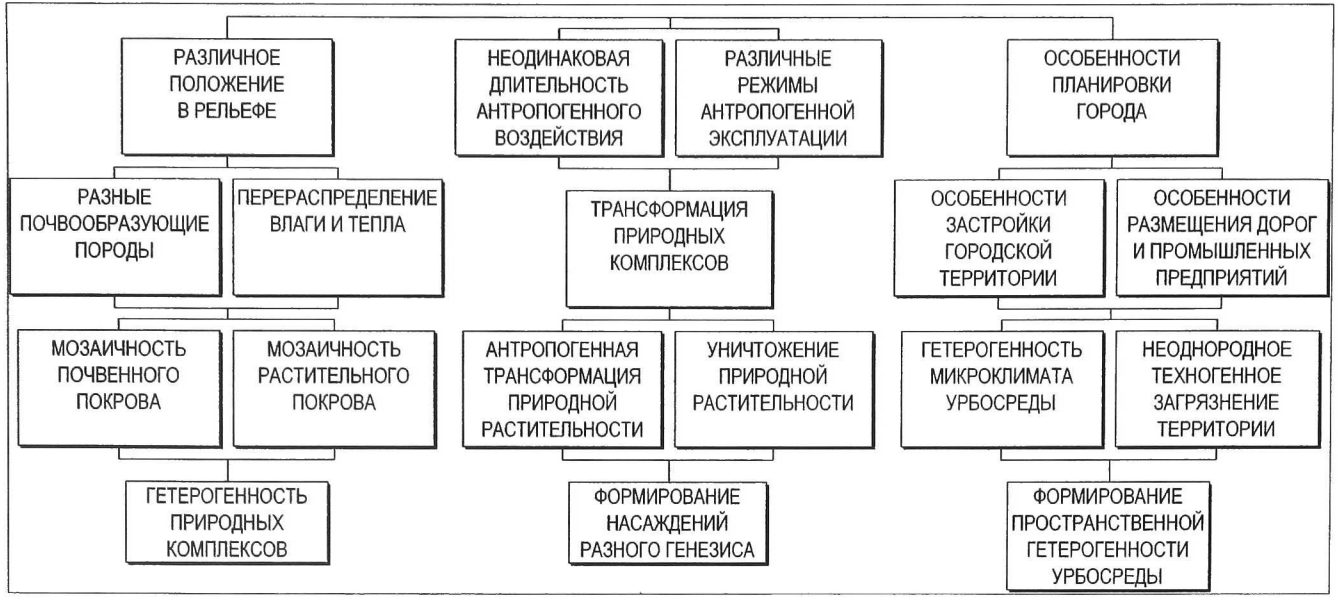


Рис.3. Основные факторы, определяющие пространственную гетерогенность урбосреды

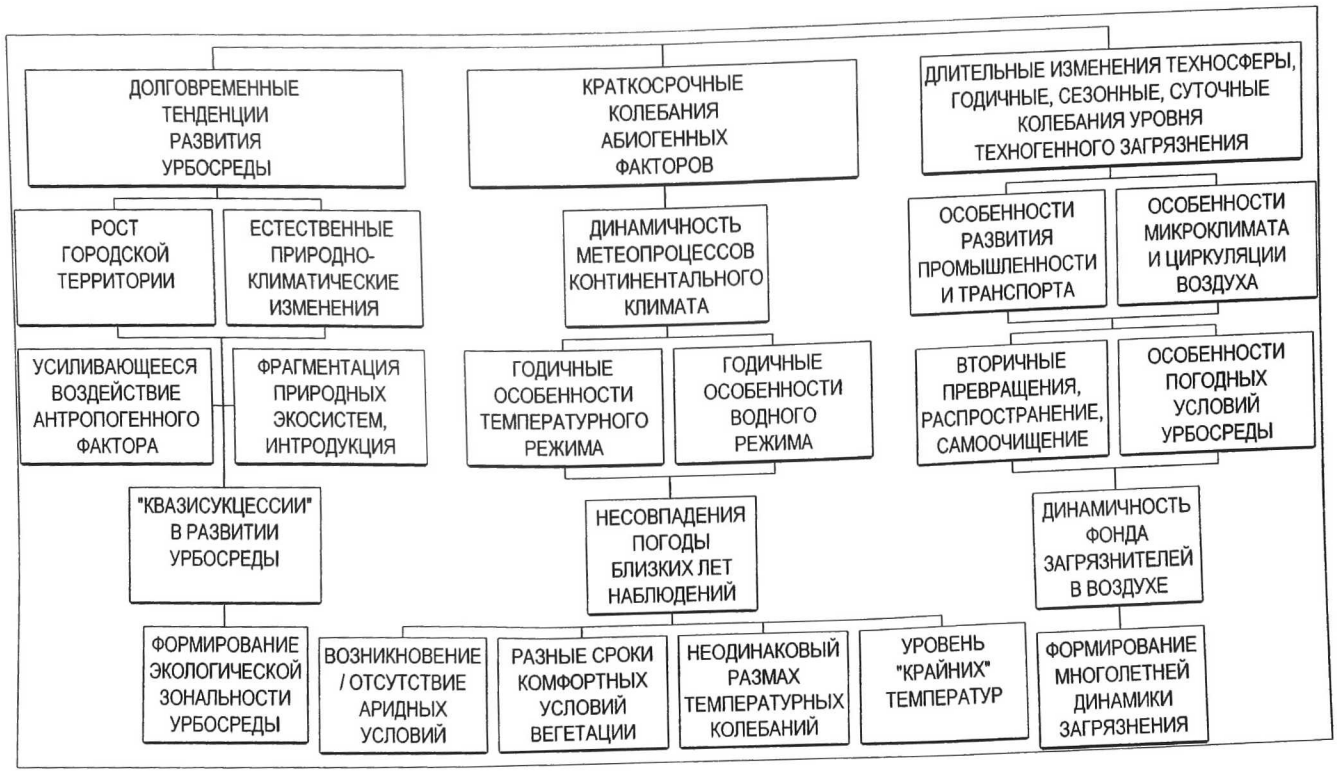


Рис. 4. Основные факторы, формирующие временную гетерогенность урбосреды в лесостепи

Наиболее приемлемым способом изучения городской экосистемы является метод трансект и модельных площадок, захватывающих городскую территорию и пригородную зону (Куранов, 1989). Исследования на трансектах позволяют установить физико-химические факторы и качество окружающей среды на входе в город, характеристики зоны перехода пригородной экосистемы в городскую, структурно-функциональные особенности сообществ, находящихся на разном удалении от города.

Анализ путей происхождения насаждений, тенденций их исторических изменения, закономерностей формирования видового состава и особенностей экофизиологического состояния растений в этих насаждениях в конечном итоге позволят разработать конкретную программу наблюдений, перспективных для фитомониторинга. Далее для индустриального центра, расположенного в лесостепи (г. Самары) будут представлены результаты исследований, которые мы предлагаем рассматривать в качестве предварительного этапа формирования системы фитомониторинга урбосреды, и на их основе сформулированы ведущие принципы ее организации.

2.2. Физико-географическое положение и геоморфологическая принадлежность территории г. Самары

Город Самара, основанный в 1586 году[1], расположен в глубине материка в умеренных широтах Северного полушария, на Восточно-Европейской равнине. Географическое положение г. Самары определяют координаты 53°12″ северной широты и 50°06″восточной долготы (Куйбышевская область … 1953). Город раскинулся на левом возвышенном берегу Волги при впадении в нее р. Самары, где Волга образует крутую излучину – Самарскую Луку. Большая часть города разместилась в междуречье Волги и ее левых притоков – Самары и Сока, за исключением Куйбышевского городского района, расположенного к югу от р. Самары (Куйбышевская область..1953; Климат Куйбышева, 1983). К настоящему времени площадь территории г. Самары составляет 470 кв. км, в плане для города характерна вытянутость вдоль берега Волги до устья р. Самары и далее. Рост занятой городом площади в прошлом протекал неравномерно, к настоящему времени районы города расположились в разных формах рельефа.

Территория города находится в юго-западной части геоморфологической провинции Высокого Заволжья. Согласно общему физико-географическому районированию Среднего Поволжья, физико-географический рай-

[1] Рядом авторов в последнее время год 1586 как дата основания города оспаривается. Высказывается мнение, что возраст г. Самары несколько больше.

он, на крайнем юго-западе которого располагается территория города, определяется как Сокский возвышенно-равнинный лесостепной район с грядово-увалистым рельефом (Физико-географическое..., 1964), другой вариант названия – Сокский возвышенный район с денудационно-эрозионным рельефом (Захаров, 1971). В геоморфологическом отношении территория района является частью провинции Высокого Заволжья и представляет собой волнистую возвышенную равнину, расчлененную глубокими и широкими речными долинами. В районе Самарской Луки (восточная часть выступа – речной излучины) провинция Высокого Заволжья примыкает к долине Волги.

По классификации И.С. Сидорука, 1956, территория города Самары находится в пределах юго-западного подрайона северо-восточного высокого Заволжья (VIIIа). И.С. Сидорук отмечает неоднородность западных и восточных частей района, у которого северо-восточный угол является наиболее возвышенным и расчлененным, с максимальными высотами до 280-300 м, тогда как юго-западный угол имеет высоты порядка 160-180 м. Различия между участками района прослеживаются также в характере почвенного покрова, растительности и др. (Сидорук, 1956). В силу специфической локализации в пределах физико-географического района – на крайнем юго-западе, в месте впадения в Волгу ее притока Самары, особенности, присущие рельефу, геологии, почвам физико-географического района особым образом преломляются для условий городской территории.

2.3. Особенности рельефа г. Самары

Основные формы рельефа области в целом (речные долины и междуречья) создают макрорельеф, осложненный разнообразным комплексом малых форм (оврагами, оползнями, карстовыми и суффозионными формами и т.д.). Эти формы образуют «структурный орнамент» – микрорельеф, наложенный на основной каркас рельефа (Захаров, 1971).

Характерная особенность строения рельефа Самарской области, отмечаемая рядом авторов, – отчетливо выраженная асимметрия склонов водоразделов и речных долин, вытянутых в широтном направлении. В большинстве случаев более крутыми являются склоны, обращенные на юг, что объясняется главным образом инсоляцией. В результате этого на склонах южной экспозиции интенсивнее происходит выветривание горных пород и осыпание разрушенного материала к подножию склонов. Весной на южных склонах благодаря сильному их прогреванию происходит более быстрое таяние снега, сопровождающееся энергичным размывом, при этом

почти весь разрушенный материал быстро уносится паводками. На склонах же северной экспозиции при медленном таянии снега господствует плоскостной смыв, сопровождающийся образованием в нижних частях склона мощного чехла делювия, что и приводит к выполаживанию склонов. В отдельных случаях асимметрия основных форм рельефа обуславливается тектоническим строением, направлением залегания и составом горных пород. Различия в строении рельефа оказывают большое и разностороннее влияние на все элементы природы, в первую очередь на почвенный покров. В силу специфического характера формирования рельефа долины р. Волги здесь, как и в долинах наиболее крупных притоков, в историческом прошлом наблюдалось чередование эпох интенсивной аккумуляции и глубинной эрозии, результатом чего стало формирование серии аллювиальных террас разного возраста.

В настоящее время в геологии Поволжья выделяют несколько разновозрастных древнеаллювиальных террас, формировавшихся в четвертичное время в условиях прерывистых тектонических поднятий территории. Ниже мы кратко охарактеризуем особенности рельефа, придерживаясь традиционного трехчленного деления надпойменных террас Волги и приводя материал в соответствии с наиболее известными работами (Ступишин, 1967; Захаров, 1971; Почвы Куйбышевской области, 1984; Обедиентова, 1988).

Самая высокая, третья надпойменная терраса (бакинская, или миндельская, нижнечетвертичного возраста), поверхность которой достигает 100–120 м абсолютной высоты, прислонена к сыртовым равнинам и по рельефу от них почти неотделима. Породы, слагающие самую древнюю террасу Волги, практически не отличаются от отложений сыртовой части. Здесь присутствуют пермские отложения, представленные породами казанского и татарского ярусов. Составляющими породами казанского яруса являются разнообразные доломиты, пласты гипса, известняки, мергели и зеленовато-серые глины. Элювий этих пород служит почвообразующей основой юго-восточной части территории Самарской Луки, Сокольих гор, примыкающих к территории г. Самары с северо-востока, верхнего течения р. Черемшана, Сока и Сургута. Преобладающее развитие среди пермских образований получили породы татарского яруса, представленные глинами различной окраски, переслаивающимися мергелями, известняками, линзами песков и песчаников. Сыртовые отложения обычно почти незаметно переходят в поверхностные четвертичные образования – делювиальные глины и суглинки, которые также характеризуются бурой окраской, уме-

ренной карбонатностью и отсутствием слоистости. Песчаные отложения третьей надпойменной террасы, относятся к миндельскому времени.

Под уступом верхней террасы расстилаются хорошо различимые (до 35 км шириной) малоуклонные равнины второй надпойменной (хазарской, или рисской, среднечетвертичной) террасы, почти лишенные оврагов и суходолов, но с большим количеством блюдцеобразных плоских понижений различного размера, служащих местными водосборами. Основу второй надпойменной террасы (рисской) составляют серые, светло-желтые и желто-бурые пески, часто с прослоями суглинков. Верхние почвообразующие горизонты состоят преимущественно из желто-бурых, умеренно-карбонатных суглинков, реже из супесей и песков.

Древний аллювий, которым сложена первая надпойменная терраса Волги (вюрмского времени), состоит из серых, коричневых и желто-бурых слоистых глин и суглинков, а также желтых и серых песков. В основании их часто лежит толща серого известковистого песка, выше – слоистая песчано-глинистая свита. Верхним почвообразующим горизонтом являются светло-бурые тонкопористые слабокарбонатные суглинки, иногда супеси и пески. По ровным местам преобладают суглинки, по возвышенным – супеси, на гривах – чистые кварцевые пески

Современные аллювиальные отложения, слагающие поймы рек, являются самыми молодыми породами (четвертичного периода). Формирование их связано с периодичностью и условиями отложения осадков паводковыми водами, поэтому они весьма неоднородны территориально, по строению и составу. В вертикальном профиле пойменных образований ясно выражена слоистость. Выровненные пространства центральной поймы обычно сложены пылеватыми глинами и суглинками, нередко чередующимися с прослойками песка, включениями гальки; понижения выполнены иловатыми осадками, а прирусловые участки – супесями и песками.

Таким образом, в сравнительно близких частях территории Самарской области, в том числе территории современной Самары и ее ближайших окрестностях, в разных условиях рельефа, в качестве почвообразующих (материнских) пород выступают разнообразные по генезису, возрасту, минералогическому и механическому составу геологические образования, различные продукты их выветривания и переотложения. Сочетание на сравнительно небольшом пространстве отложений разного времени, различающихся по гранулометрическому составу и другим свойствам создало дополнительные возможности для формирования мозаичных природных комплексов, которые позднее были глубоко преобразованы антропогенным вмешательством.

Что касается городской территории г. Самара, основными формами ее рельефа также являются пойменные и надпойменные террасы, склоны водоразделов, водораздельное плато. Кратко охарактеризуем рельеф городской территории, опираясь на работы А.С. Захарова (1971, 1990).

Наиболее низкие участки вдоль берегов р. Самары и Волги – это пойменные террасы. Низкая пойма подверглась значительному затоплению с образованием Саратовского водохранилища (1967-1968 гг.), когда уровень воды у г. Куйбышева поднялся в среднем на 5.5 м и существенно уменьшилась площадь островов и песчаных пляжей (Климат Куйбышева,..). На территории г. Самары из пойменных террас наибольшую площадь занимает пойма Самары, которая протянулась по обе стороны реки на 3-5 км. Левобережная волжская пойма наиболее выражена при слиянии р. Волги и Самары, в юго-западной части города, где она образует песчаную косу. Водораздельное плато в пределах города представляет собой неширокую (5-8 км) вытянутую слабоволнистую полосу. Далее кратко охарактеризуем локализацию других элементов рельефа на территории города.

В районе г. Самары первая надпойменная терраса р. Волги узкой полосой (50-150 м) прослеживается почти на всем протяжении от юго-западной части города до ул. Полевой. На ней расположены ул. М. Горького и Волжский проспект. Бровка террасы хорошо заметна и проходит по горизонтали 35-37 м. С поверхности терраса сложена суглинками и глинами, подстилаемыми на глубине 9,5-21 м песками и супесями (Захаров, 1971). Первая надпойменная терраса р. Волги сливается с такой же террасой р. Самары (в юго-восточной части города). На ней размещаются толевый и кирпичный заводы, Кировский р-н города. Против станции Безымянка терраса имеет ширину около 4-5 км. С поверхности она сложена суглинками и глинами, подстилаемыми на глубине 10-20 м песками и супесями. По характеру рельефа первая терраса представляет собой почти плоскую равнину с пологим, едва заметным на глаз склоном в сторону р. Самары. В юго-восточной части города выше первой террасы проходит вторая надпойменная терраса, которая, плавно поднимаясь, переходит в коренной склон водораздела (Захаров, 1990 – Природа..., 1991).

Вторая надпойменная терраса в районе г. Самары расширяется и сливается со второй аллювиальной террасой р. Самары. В пределах города эта терраса приподнята над уровнем р. Волги на 33-35 м. На бровке второй террасы расположена часть старого города, от ул. Куйбышева до железнодорожного вокзала. Бровка второй террасы в пределах города лучше всего выражена между улицами Коммунальной и Вилоновской. Край террасы здесь имеет отметку 70 м. Далее к центру города поверхность ее поднима-

ется до отметки 78 м. Результаты бурения центральной части города (ул. Куйбышева, ул. Фрунзе) показали, что в этой части города терраса сложена мелкими песками с подчиненными прослоями глин. Они залегают непосредственно на известняках и доломитах пермских пород на глубине 30-39 м. В сторону устья Самары вторая терраса постепенно снижается и переходит в первую надпойменную террасу. В направлении к северо-востоку вторая терраса поднимается и переходит в водораздельный склон то плавно, то обнаруживая довольно заметный уступ. Этот уступ наиболее хорошо заметен на ул. Ново-Садовой (у Дома сельского хозяйства) и на ул. Полевой (между ул. Арцыбушевской и Ново-Садовой). Склон образован здесь выходами на поверхность коренных пермских пород. Наиболее высокая точка водораздельного плато в районе Клинической больницы достигает 145 м. Вторая терраса сложена сменяющимися сверху вниз слоями суглинков, серых песков и супесей, ниже которых залегает толща из темно-серых глин с редкими включениями гальки и гравия, мощность этих отложений достигает 100 м.

С севера к городу подходят отроги Сокольих гор.

Волжский склон плато уступами и террасами поднимается от берега Волги к центру города. Выше по реке Волжский склон пересекает Овраг Подпольщиков с двумя вершинами, берег и далее (по движению к устью р. Сок) пересекается понижениями, местами это глубокие овраги (Барбашинский, Коптев, Студеный). Правый склон Студеного оврага заканчивается у берега Волги выступом – Лысой горой. Волжский склон, ранее лесистый, сейчас практически до Студеного оврага превращен в полосу дачных массивов и оздоровительных учреждений с внедрением индивидуальной застройки. В качестве дополнительного «фактора неоднородности» территории г. Самары и ее окрестностей следует отметим развитие карстовых явлений, суффозий и оползней (Ступишин, 1967). Крупный карстовый район находится на Сокольих горах, в районе пос. Новосемейкино и в восточной части г. Самары. Он начинается за городской железнодорожной станцией и простирается до завода «Мягкая кровля». Что касается суффозии (выноса грунтовыми водами из горных пород минеральных частиц и растворимых компонентов), то ее результаты в форме оседания вышележащих пород и формирования понижений различной формы нередко наблюдаются в различных районах города.

Итак, для территории г. Самара свойственны сложный характер рельефа, сочетание отложений разного возраста и состава. Это, несомненно, стало одной из причин, обусловивших высокий уровень гетерогенности природных условий в границах городской территории.

2.4. Климатические условия г. Самары

Климатические условия города Самары, как Самарской области в целом, формируются под влиянием воздушных масс суши и характеризуются как континентальный климат умеренных широт. Особенности его – засушливость, высокая континентальность, большая изменчивость от года к году, особенно по количеству выпадающих осадков. Характерны жаркое, солнечное лето (среднемесячная температура июля $+20.4^0$), холодная и продолжительная зима (средняя температура января -13.5^0) и умеренное количество осадков. Каждый третий, а иногда и второй год, наблюдается летняя засуха.

Климатические условия г. Самары обнаруживают **неоднородность как в пространственном, так и во временном аспекте.** Их *временная гетерогенность* определяется изменчивостью, от года к году, ведущих климатических показателей, в первую очередь количества и режима выпадения осадков (Климат Куйбышева, 1983; Почвы Куйбышевской..., 1984). Другая отчетливо выявляющаяся особенность нашего климата, которую мы постараемся далее продемонстрировать, – существенная изменчивость в различные годы наблюдений суммы активных температур и самой продолжительности комфортного для вегетации растений периода. *Пространственная гетерогенность* обусловлена специфическим характером рельефа, городской застройки и пр. Позднее мы остановимся на этих моментах. *Общая характеристика климатических условий по временам года* может быть представлена в следующем виде[1].

Зима, достаточно суровая, вместе с предзимьем длится до пяти месяцев. Переход к отрицательным температурам воздуха обычно происходит с 25 октября по 6 ноября в разных районах области, дата же перехода значительно изменяется от года к году. Зимой наблюдается резкая смена погоды, когда среднесуточная температура за день может измениться на 18-20°С. В отдельные дни температура воздуха может понижаться до -30^0, в исключительно суровые зимы при устойчивых малоподвижных антициклонах делают возможным и снижение температуры до -43^0 на западе, -48^0 на северо-востоке области. Теплые воздушные массы со Средиземноморья вызывают скачкообразное повышение температуры. В такие зимы бывает 11-16 дней с оттепелями. Прохождение циклонов сопровождается сильными снегопадами, метелями, сумма осадков в этом случае до 10 раз превышает показатели малоснежных зим. Устойчивый снежный покров залегает в течение 140-150

[1] Сводка подготовлена автором по материалам: Агрометеорологический обзор..., 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999,2000, 2001; Климат Куйбышева, 1983.

дней, хотя в отдельные зимы сроки могут варьировать от 100-128 до 168-185 дней. Сход снежного покрова занимает от 5-10 до 25-30 дней.

Весна в области достаточно короткая и длится от 23-25 до 26-27 дней. Переход среднесуточных температур к положительным значениям наблюдается 15-22 апреля, причем по годам эта дата сильно меняется. Почва оттаивает в первой декаде апреля. Весной резко снижается влажность воздуха, в апреле ежегодно отмечается 3-5 засушливых дней, в отдельные годы их число возрастает до 12-17. При прохождении тропических воздушных масс устанавливается необычно жаркая погода, температура воздуха повышается до $+34^0$. Вторжение арктических масс воздуха приводит к заморозкам, в воздухе они заканчиваются при переходе среднесуточной температуры через 10^0С.

В этот же период устанавливается **летний** тип погоды. Сроки наступления лета в области – от 24-25 апреля на юге до 1-3 мая – на севере области. Летом преобладает сухая и жаркая погода, однако в начале лета почти ежегодно происходит сильное похолодание (зачастую совпадающее со сроками цветения черемухи). Самый теплый месяц летнего сезона – июль, средняя температура которого составляет +18.8…+21.4^{0}С. Максимальные температуры могут достигать +38…+41^0, число жарких дней с максимальной температурой более 30^0 за лето составляет 18-26. Частые антициклоны, вызывая сильное прогревание воздуха, являются причиной суховеев, засух, высокой запыленности воздуха. На летний период (июнь-июль) приходятся максимум осадков ливневого характера и грозовой деятельности. Град обычно выпадает пятнами или полосой, в среднем наблюдается 1-4 дня с градом за год.

Осенний период начинается заморозками на почве и переходом среднесуточной температуры через 10^0 в сторону понижения. Его продолжительность – около шести недель. Осенью усиливается циклоническая деятельность, увеличивается облачность, резко возрастает повторяемость дождей. На фоне общего ухудшения погоды характерны дни с возвратом тепла («бабье лето»). На короткий период возвращается тихая солнечная погода. Самая высокая температура в октябре может достигать +25…+28^{0}С, самая низкая –7…-10^{0}С. В конце октября появляется первый снежный покров. Увеличивается число дней с сильными ветрами, туманом.

Переходя от общей характеристики погодных условий по сезонам к характеристике погоды отдельных лет, мы должны, прежде всего, отметить ее изменчивость по годам (табл. 3, рис. 5). Так, возникновение аридных условий, визуально обнаруживаемое на климадиаграмме, когда кривая температур проходит выше кривой осадков (Сытник и др., 1986) в зависимости от года в условиях Самары бывает выражено либо сравнительно кратким отрез-

ком вегетационного периода (1996, 1999, 2000 г.), сроки наступления которого год от года не совпадают, либо может захватить почти весь вегетационный период (1995, 1998 годы) (рис. 5.). Напротив, вегетационные периоды могут характеризоваться отчетливо выраженной гумидностью на всем либо почти всем протяжении, как это было свойственно 1993, 1994, 2000 годам.

Таблица 3

Некоторые особенности погодных условий 1991-2001 гг. в г. Самаре (по: Агрометеорологический..., 1991-2001)

Особенности вегетационных периодов	Особенности зимних периодов
1991 г. Сумма активных температур на 155-275^{0}С выше многолетней	**1990/1991** весь осенне-зимний период характеризовался аномально теплой погодой
1992 г. Прохладная погода и дефицит осадков	**1991/1992** Повышенный темп.режим, обилие снегопадов, высокий снежный покров
1993 г. Пониженный температурный режим и обилие осадков	**1992/1993** аномально теплая погода с частыми интенсивными оттепелями и практически полным отсутствием сильных зимних морозов (ниже 30-35^0)
1994 г. За последние 20 лет наблюдений сходным было лето в 1976, 1978, 1983, 1989 гг. Пониженный температурный режим летнего периода.	**1993/1994** Чередование волн тепла и холода, аномально холодные ноябрь и февраль
1995 г. Повышенный температурный режим и дефицит осадков	**1994/1995** Зимний период сопровождался теплой погодой, в течение 37-52 дней наблюдались оттепели.
1996 г. В мае две декады сохранялась аномально жаркая сухая погода. За 80 лет в первую декаду мая сходный температурный режим отмечался только в 1957, 1962 и местами в 1967 г	**1995/1996** Неустойчивый температурный режим, дефицит осадков
1997 г. Вегетационный период близок к обычному. Лишь 6-14 дней с Т выше 30^{0}С.	**1996/1997** Повышенный температурный режим, количество осадков 221 мм при норме 255 мм
1998 г. Аномально жаркий и засушливый вегетационный период. Число дней с суховеями 50-81, 63-84 дня температура воздуха была 30^0 и выше	**1997/1998** Неустойчивый температурный режим с многократной сменой теплых и холодных воздушных масс. Температура опускалась до -20^0 и ниже 28-38 раз.
1999 г. Неустойчивый температурный режим, от 20 до 32 дней с экстремальными температурами выше +30^0	**1998/1999** повышенный темп. режим, из 9 декад 8 с положительной аномалией, обильными снегопадами, длительным сохранением высокого снежного покрова.
2000 г. В целом умеренно-теплая погода.	**1999/2000** в целом повышенный температурный режим.
2001 г. Неустойчивая погода с преобладанием положительной аномалии. Сумма осадков в среднем в пределах нормы. Засушливый июль.	**2000/2001** повышенный температурный режим с частыми и глубокими оттепелями, обильными осадками, высоким снежным покровом.

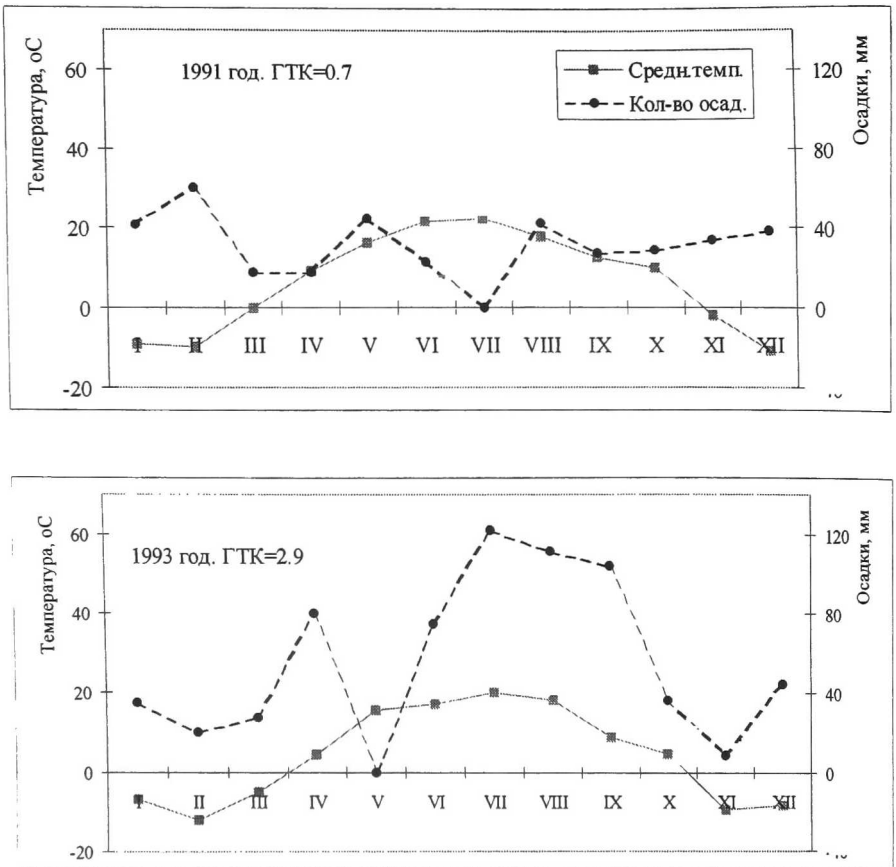


Рис. 5. Примеры климадиаграмм[1], характеризующих погодные условия различных лет в г. Самаре. ГТК – величина гидротермического коэффициента Селянинова

Хотя принято считать, что засухи в Среднем Поволжье наблюдаются каждый второй-третий год, описываемый период характеризовался, вероятно, наличием трех вегетационных периодов, которые однозначно определяются как засушливые (1992, 1995, 1998) (табл.4). Наиболее изменчивым оказался уровень выпадавших осадков, иначе говоря, вегетационные периоды 1992, 1995 и 1998 гг. характеризовались дефицитом осадков по

[1] Важным условием для построения климадиаграммы является верное соотношение цены деления на двух осях ординат: одинаковые по длине отрезки на оси, отражающей количество осадков, обозначают вдвое большую величину, чем отрезки на оси температур.

сравнению с нормой, для трех других лет наблюдалось примерное соответствие норме (1996, 1999 и 2001 гг.), два года имели избыточные по уровню осадков вегетационные периоды (1993, 1997, 2000 гг.). Между весенней и осенней датами перехода через 0^0 находится безморозный период, в пределах которого среднесуточные температуры не принимают отрицательных значений, тем не менее возможны заморозки. В различные годы анализируемого нами периода времени (1999-2001 гг.) продолжительность этого безморозного отрезка составляла от 187 до 243 дней, при средней продолжительности 221 сутки.

Таблица 4

Особенности выпадения осадков и температурного режима г. Самары в отдельные годы (по: Агрометеорологический..., 1991-2001)

Годы	Осадки за вегет. период, мм,	Мин. сумма акт.темп.	Макс.сумма акт.темп.	Ср.сумма акт.темп.	ГТК Селянинова
1991	211,8	1885	2215	2050	1,0
1992	145,0	1590	1930	1760	0,8
1993	465,8	1600	1860	1730	2,7
1994	282,6	1500	1750	1625	1,7
1995	158,2	2185	2500	2342,5	0,7
1996	231,3	1820	2180	2000	1,2
1997	362,3	1625	1980	1802,5	2,0
1998	173,0	1905	2225	2065	0,8
1999	259,0	1700	2090	1895	1,4
2000	330,0	1732	2067	1899,5	1,7
2001	241,0	1734	2110	1922	1,3
Норма	245,5	1640	2015	1828	1,3

Таким образом, климатические условия района исследований, на фоне общих признаков континентального климата умеренных широт, демонстрируют существенную изменчивость по годам. Это относится к количеству выпадающих осадков, продолжительности и срокам возникновения засушливых условий внутри вегетационного периода (и за его пределами). Изменчивость обнаруживают также продолжительность самого вегетационного периода, отрезков с определенным температурным режимом (выше 0, 5, 10^0C) в его пределах, сумма активных температур и быстрота ее накопления. Высоким уровнем изменчивости характеризуются температурные условия весеннего и осеннего периода.

Перечисленные выше параметры, определяющие условия существования растений, несомненно, влияют на особенности их развития в конкретный год наблюдений. Так, они могут изменять сроки прохождения фенофаз, формировать условия температурных стрессов при воздействии экстремально высоких и низких температур, благоприятствовать росту,

развитию, накоплению фитомассы и формированию ее компонентов либо, напротив, негативно влиять на эти процессы. Условия городской среды с присущей ей гетерогенностью обеспечивают перераспределение тепла и влаги, налагаясь на описанную выше изменчивость. Результатом становится **пространственно-временная неоднородность (вариабельность) климатических условий существования растений в урбосреде**, отчетливо выраженная в условиях лесостепи (г. Самара).

На фоне климатических показателей области *климат города Самары будет характеризоваться рядом местных особенностей.* Они определяются плотным расположением промышленных предприятий и жилых зданий, наличием асфальтовых покрытий улиц и площадей, обилием транспортных средств. Загрязнение городской атмосферы уменьшает ее прозрачность, препятствует проникновению ультрафиолетовых лучей, в результате снижается количество поступающей прямой солнечной радиации. В дневные часы это снижение в какой-то степени компенсируется рассеянной радиацией. В ночное время дымка сохраняет в городе более высокую температуру воздуха, быстрый сток воды с асфальта уменьшает затраты на испарение. Город выбрасывает в окружающую среду большое количество тепловой энергии. Более высокая температура воздуха города вызывает систему городских ветров, в формировании которой участвует и городской ландшафт.

По сравнению с поселком Аглос (расположенном к югу на расстоянии 26 км от города) прослеживаются различия в температурном режиме. Средняя месячная температура в городе на 0.1…0.2^0 выше, а в июле и августе на 0.3 и 0.1^0 ниже «загородной». В зимний период средняя за сезон температура воздуха, минимальная и максимальная температуры в Самаре выше, чем в пригороде, то есть город зимой проявляет себя как «остров тепла». Весной в городе в дневное время температура ниже, чем в пригороде, на 0.3^{0}С, в ночное время – теплее на 0.6^{0}С. В летний период в городе дневные температуры еще сильнее понижены (разность 0.6^{0}С), ночью – на 0.3^0 теплее, чем в пригороде. Осенью город проявляет себя как «остров тепла» только в ночной период и в среднем за сезон, в дневные часы в городе в холоднее, чем в окрестностях. Скорость ветра в среднем во все сезоны в городе меньше, чем в пригороде. Город также характеризуется более мягким климатом, чем его окрестности. Это проявляется в продолжительности безморозного периода. В городе несколько ниже влажность воздуха в весенний период, в остальные сезоны различия более сглажены. В условиях города отмечается больше случаев пасмурной погоды (особенно в ночное время), дней с туманом и гроз. Климат города не только отличается от

климата окрестностей, но и существенно изменяется внутри города в зависимости от застройки, ширины улиц, наличия зеленых насаждений, формы рельефа и др.

Местные особенности микроклимата собственно городской территории определяются сочетанием жилых и промышленных объектов различной этажности, соотношением открытых и заасфальтированных пространств, особенностями транспортной сети. Более высокая температура воздуха города вызывает систему городских ветров, в формировании которой участвует городской ландшафт. Из-за значительной протяженности и сложного характера рельефа и городской застройки формируются различия климата между районами (Климат Куйбышева, 1983), вносящие дополнительный вклад в формирование *микроклиматической пространственной гетерогенности территории*. Так, разное положение в рельефе и характер застройки, влияющие на перераспределение тепла и влаги, обусловливают различия микроклиматических условий, выраженные даже для сравнительно близких в пространственном отношении районов. Например, весной (осенью) в предрассветные часы, когда достигается температурный минимум за сутки, разница значений температуры воздуха в пределах Октябрьского района может достигать 5-7^{0}С (район ул. Ново-Садовой / Челюскинцев – Центральный автовокзал) (личные наблюдения автора). Обширность территории и сложный характер циркуляции воздушных масс приводят к тому, что выпадение осадков зачастую не происходит одновременно над всеми районами города. В условиях вегетационного периода, характеризующегося дефицитом влаги, подобная ситуация для растений неминуемо будет означать, например, неодинаковый уровень стрессовой нагрузки, связанной с засухой.

2.5. Почвенный покров и растительность

Основной чертой почвенного покрова лесостепи можно считать разнообразие, определяемое переходным характером условий между лесной и степной зонами (Почвы Куйбышевской..., 1984). В пределах лесостепи чередуются ареалы серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов. Зональные черты распространения почв маскируются условиями рельефа, геологическим строением, контрастами растительного покрова (лес и степь) и другими факторами. Почвенный покров отличается своеобразием, связанным с близким залеганием плотных пород, относительно хорошей дренированностью территории, отсутствием комплексности (Почвы Куйбышевской области, 1984).

Почвы Сокского возвышенно-равнинного лесостепного района в целом характеризуются преобладанием черноземов. В юго-западной части района, где размещается территория г. Самары, более сухой и менее лесистой, преобладает типичный среднегумусный (обыкновенный) чернозем, приуроченный к степным участкам и располагающийся на волнистых и пологих склонах увалов (Физико-географическое..., 1964). Материнской породой для данных почв являются бурые покровные глины или тяжелые суглинки. На карбонатных почвообразующих породах залегают карбонатные черноземы, но их распространение не носит широкого характера. Отдельными участками встречаются темно-серые лесостепные почвы, покрытые лесами, на поймах рек развиты черноземовидные аллювиальные почвы. По долинам Волги и Самары распространены луговые пойменный почвы, к югу от города (в степной зоне) распространены обыкновенные глинистые и тяжелосуглинистые черноземы средней мощности. Здесь в поймах рек встречаются небольшие лесные массивы. К северу от города на оподзоленных черноземах могут произрастать лесные массивы (для которых зачастую в литературе указывается и присутствие серых лесных почв), но встречаются и безлесные пространства на обыкновенных черноземах. Надпойменная терраса Волги против г. Самары почти сплошь покрыта выщелоченными долинными черноземами (Природа Куйбышевской..., 1990).

Самара, занимающая крайнюю юго-западную часть Сокского возвышенно-равнинного лесостепного района, также характеризуется неоднородностью почвенного покрова. Формированию его мозаичности способствовали как природные факторы (сложный рельеф, разнокачественность слагающих территорию горных пород, развитие различных растительных сообществ), так и вмешательство хозяйственной деятельности человека. На территории, занимаемой ныне городом, могут обнаруживаться среднегумусный (обыкновенный) чернозем, карбонатные черноземы, темно-серые лесостепные, черноземовидные аллювиальные почвы практически в любой мере их нарушенности, вплоть до замещения почвы извлеченной с различной глубины почвообразующей породой (Природа Куйбышевской..., 1984). Принадлежа территории города в течение разного времени, эти почвы обнаруживают и различный уровень загрязнения такими компонентами техногенного загрязнения, как тяжелые металлы (Прохорова, 1999; Прохорова, Мокшанова, Козлов, 2001 Бажанова, Прокопенко, 2002). Неодинаковые гумусированность, механический состав, структура, реакция среды, содержание микро- и макроэлементов, уровень биогенного и техногенного загрязнения и другие свойства почвы в конкретном локусе

формируют специфику эдафических условий, которые обеспечивают неодинаковые возможности развития древесных и травянистых растений.

Анализируя ситуацию с растительным покровом района исследований, обратимся к ее характеристике, данной в обзоре природы Поволжья в начале XX века, когда территория города была невелика и окрестные экосистемы слабее, чем сейчас, были трансформированы техногенезом (Гаврилов, Ососков, 1901, репринт 1998):

«Уже в южной части Казанской губернии появляются обширные степные пространства, луговые или травяные болота наряду с участками леса, в котором получает преобладание дуб, хотя очень часты здесь и сосновые боры. Это смешение леса и степи, носящее характерное название «лесостепи», особенно заметно в северных частях смежных с Казанской, лежащих к югу от нее губерний: Симбирской, Самарской и отчасти Саратовской. Леса начинают ютиться большей частью по долинам рек, да на возвышенных водоразделах. Сосновые боры редеют, смешиваются с лиственными породами и, наконец, совершенно уступают им свое место... Тогда как в Симбирской губернии еще довольно обширные пространства покрыты сосной, большая часть лесов Самарской губернии относится к смешанным или чисто лиственным. С.70-72. ... Благодаря тому, что почти все Среднее Поволжье в ботаническом отношении представляет переходную лесо–степную полосу, ее лесная растительность отличается смешением видов, характерных для лесной области, с видами южных лесов, разбросанных в области черноземно–степной». С.72.

Кратко перечислим основные формы растительного покрова лесостепи[1]. В связи с приуроченностью заволжских широколиственных лесов к восточному сектору ареала, отличающегося наиболее суровыми климатическими условиями, древесные растения здесь в полной мере сталкиваются с усилением континентальности климата, периодически повторяющимися засухами и ухудшением условий перезимовывания (Растительность..., 1980). Наиболее распространенные в лесостепной зоне леса – в основном сложные дубравы, с большим или меньшим участием клена остролистного, липы, березы. Подлесок в них образуют орешник, рябина, крушина, бересклет; на лесных полянах и опушках – шиповник, спирея, ракитник и др. В травяном покрове преобладают теневыносливые лесные травы – сныть обыкновенная, ясменник душистый, осока волосистая, овсяница лесная, будра и др. Вторым характерным типом леса являются сосновые боры,

[1] Для подготовки характеристики использованы работы: Напалков, 1948; Крайнев, 1951; Растительность..., 1980; Почвы ..., 1984; Природа..., 1991; Плаксина, 2001

приуроченные к песчаным всхолмлениям на древнеаллювиальных террасах. В речных поймах наиболее возвышенные, хорошо дренированные участки обычно заняты дубом и осиной, иногда березой. Травянистый покров их обилен (костер безостый, пырей ползучий, мятлик луговой, чина луговая, ежевика, таволга вязолистная, подмаренник, осоки). Участки, близкие к береговой полосе, менее возвышенные и менее дренированные, покрыты вязовыми лесами с похожим травостоем. Береговая полоса занята осокорями, низкие места у воды на глинистых почвах – ивняком и ольшаниками, в травянистом покрове преобладают растения сырых заболоченных мест: осоки, ситники, частуха и др.

Обширные безлесные пространства плоских водоразделов, их пологих склонов и широких древних речных террас, в настоящее время в основном заняты пахотными угодьями (Почвы..., 1984, Природа..., 1991). Растительность этих пространств в доагрикультурный период была представлена ассоциациями типа луговых степей, переходивших на севере зоны в остепненные луга, а на юге – в настоящие степи.

Основу травостоя луговых степей составляли дерновинные злаки – типчак, тонконог, мятлик, некоторые виды перистых ковылей, отчасти корневищные злаки (овсец, костер безостый и другие). Большая роль в формировании травостоя принадлежала обильному, красочному разнотравью, создававшему в конце весны – первой половине лета характерные картинные смены аспектов. Такие луговые степи в Лесостепном Заволжье местами существовали до середины XIX века, а кое-где их мелкие участки сохранились до нашего времени. Наряду с богато-разнотравно-злаковыми ассоциациями для луговых степей Лесостепного Заволжья характерны ассоциации с господством степных кустарников – бобовника, степной вишни, спиреи и др., главным образом занимающие склоны холмов, лощины водораздельных плато. Свойственны также разреженные тырсово-разнотравные ассоциации карбонатно-каменистой степи, приуроченные к сильно покатым, хорошо освещенным склонам, гребням водоразделов и прочих выпуклых элементов рельефа, с частыми выходами на поверхность коренных пород.

Днища широких балок обычно покрыты суходольными (остепненными) лугами, а при сравнительно близком залегании грунтовых вод по днищам глубоких балок и оврагов формируются низинные луга с разнотравно-осоково-злаковой растительностью. Растительность речных пойм лесостепи очень разнообразна и тесно увязана с почвенным покровом пойм, глубиной грунтовых вод и продолжительностью паводка. Это кратко- и сред-

непоемные влажные луга, заболоченные луга и болота, остепненные луга, иногда засоленные, на пастбищных участках – сбитые.

В окрестностях г. Самары изначально произрастали широколиственные леса с преобладанием дуба черешчатого, спутниками которого являются клен остролистный, вяз гладкий, яблоня дикая, орешник и др., липы сердцелистной, которую обычно сопровождают береза повислая, осина, рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная и др., а также широколиственно-сосновых пород (Спрыгин, 1931; Физико-географическое..., 1964; Природа Куйбышевской ..., 1991). По словам И.И. Спрыгина, «*лесом покрыты и площади другого кряжа, занятого пермскими отложениями, Приволжского, к северу и северо-востоку от г. Самары. Леса этого кряжа, именно в Сырейской, Бузаевской, Шиланской дачах и на Соковых горах, были только бегло осмотрены и описаны Г.Н.Высоцким (О лесорастительных условиях района Самар. Уд.Окр., часть 2-я). По-видимому, несмотря на отрывочные сведения, сообщаемые Г.Н.Высоцким, преобладающей породой является (или раньше являлся) дуб; в сомкнутых лесных насаждениях этой местности им наблюдалась типичная для лиственных лесов растительность. Описанный им в Соковых горах уголок с лиственным лесом по крутому южному склону с участком каменистой степи в верхней части склона и разбросанными по степи группами и одиночными деревьями корявой и с однобокой кроной сосны – напоминает картины, какие попадаются на каждом шагу в Жигулевских горах, продолжение которых за Волгой и составляет Соковые горы. В двух пунктах последних Г.Н. Высоцкий наблюдал лес, росший на гипсе*» (Спрыгин, 1931). Однако в условиях сложного рельефа, неоднородного залегания почвообразующих пород и мозаичного почвенного покрова фрагменты лесов чередовались с открытыми пространствами, занятыми луговыми, степными и др. сообществами (Щербиновский, 1919), то есть обнаруживались практически все описанные выше растительные комплексы.

Утрата лесных сообществ была связана и с длительным антропогенным преобразованием территории, начало которого буквально теряется в глубине веков. Здесь достаточно указать, что на территории, занимаемой г. Самарой ныне, обнаружены материальные свидетельства пребывания человека, относящиеся еще к среднему палеолиту (Самарская летопись, 1993). Немного подробнее мы обратимся к этому вопросу в главе 3. Результатом не всегда массированного, однако неизменного давления антропогенного фактора на естественные экосистемы явилось обезлесение приближенных к поселениям территорий. Так, во второй половине XVIII в. современники свидетельствовали, что «*...от Самары верст за 20 находится уже везде высокая*

степь с черноземом, на котором растет трава почти с человека вышиной» (цит. по: Самарская летопись, 1993, т.1, С.106).

Таким образом, свойственная изначально растительному покрову данной территории пространственная гетерогенность усугубилась в процессе формирования города. В настоящее время территория, занятая пригородными лесами вокруг г. Самары, существенно сократилась, а оставшиеся участки лесных биотопов подвергаются активному антропогенному воздействию, среди составляющих которого назовем техногенное, в том числе автотранпортное, загрязнение, рекреацию, выпас скота, формирование несанкционированных свалок и пр. Поэтому, рассматривая при проведении биомониторинга участки пригородных лесов в качестве контроля, следует объективно оценивать уровень антропогенной нагрузки на них.

2.6. Техногенное загрязнение воздуха г. Самары

Справедливо считается, что критерием экологического районирования территории крупного города может быть принята пригодность природных комплексов для того или иного вида человеческой деятельности. Состояние природно-техногенной среды оценивается по степени опасности условий жизнедеятельности населения. Наиболее опасным в городе является загрязнение воздуха, которое принимается как основа районирования (Доценко, Мирка, 1990). Сложившиеся масштабы нарушения окружающей среды – в значительной степени итог того, что около 0,5 млн. различных химических веществ – продуктов «метаболизма» городов – поступают в окружающую среду (Фильваров, 1991).

Контроль за уровнем загрязнения окружающей среды в г. Самаре, как и определение климатических показателей, проводится Приволжским УГМС. Сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха здесь включает десять стационарных постов государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ПНЗ), а также два стационарных поста, финансируемые городской администрацией (Качество воздуха..., 1999). К сожалению, в настоящее время не все они в полном объеме действуют, что вызвано прежде всего сложностями с финансированием. Станции подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (станции 1, 2, 6, 10), «промышленные» вблизи предприятий (станции 4, 8, 9) и «авто» вблизи автомагистралей, в районах с интенсивным движением транспорта (станции 3, 7, 11). Данные о загрязнении атмосферного воздуха, ранее закрытые для широкого использования, в настоящее время представляются по запросам организаций за плату. Поэтому в данном разделе нашей работы использованы данные цен-

тральных обзорных изданий (Качество воздуха..., 1999), фактические данные и отдельные информационные выпуски (Обзор состояния..., 1984, Ежегодник состояния..., 1985, Ежегодник состояния..., 1986, Мониторинг состояния..., 1995, Обзор состояния..., 1996,), любезно предоставленные нам сотрудниками Приволжского центра мониторинга загрязнения окружающей среды, а также публикации в периодических изданиях.

В атмосферном воздухе г. Самары проводится определение 26 вредных веществ (диоксида и оксида азота, аммиака, бенз(а)пирена, бензола, фтористого водорода, хлористого водорода, кадмия, ксилола, марганца, меди, никеля, пыли, свинца, сероводорода, диоксида серы, растворимых сульфатов, толуола, трикрезола, углеводородов, оксида углерода, фенола, формальдегида, хрома, цинка, этилбензола (Мониторинг состояния..., 1995). Не все названные загрязнители достигают высоких концентраций, особо высоким уровнем характеризуется присутствие таких компонентов загрязнения, как формальдегид, диоксид азота, аммиак, а также в определенные месяцы – взвешенные твердые частицы (пыль) (Иваненко, 1999, 2000).

Загрязнение воздуха г. Самары формируется разнообразными источниками – как значительным числом стационарных источников загрязнения атмосферы, так и растущим числом подвижных источников загрязнения – транспортных средств (Шишкина, 1999, 1999а). Как локализация промышленных предприятий, так и размещение сети транспортных магистралей с различной пропускной способностью в пределах города, налагаясь на определенный рисунок рельефа, создают неоднородный уровень загрязнения не только для разных городских районов, но и внутри территории этих районов (см., например, Мониторинг..., 1995). Так, среди основных источников загрязнения атмосферы должны быть названы предприятия строительной, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, электрохимической, металлургической, авиаприборостроительной, энергетической отраслей промышленности, а также выхлопы автомобильного и железнодорожного транспорта. (Мониторинг..., 1995). Для города в целом (1988-1997 гг.) отмечается высокий уровень загрязнения воздуха из-за повышенных концентраций диоксида азота, аммиака и особенно формальдегида.

На отдельном ПНЗ число определяемых ингредиентов может составлять от 4 (площадка возле Приволжского УГМС) до 18 (пересечение ул. Гагарина и Промышленности). Сам «набор» загрязняющих воздух техногенных примесей, контролируемых постами наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗ), варьирует: так, на всех ПНЗ проводится контроль за содержанием в воздухе четырех загрязнителей (пыль, CO, оксиды азота, сернистый ангидрид), и лишь на некоторых – за содержанием формальдегида,

трикрезола и др. (Обзор..., 1996). Пункты определения последних приурочены к территориям, где наиболее вероятно поступление данных примесей в атмосферу. Такие особенности в программе химического мониторинга соответствуют общим положениям и объясняются именно пространственной неоднородностью распределения загрязнителей в воздухе над городской территорией, связанной с размещением внутри районов города стационарных источников загрязнения атмосферы и сети автотранспортных магистралей.

Так, в районах старой застройки – Самарском, Ленинском, – подобных источников загрязнения атмосферы сравнительно немного, тогда как Промышленный, Кировский и Советский районы образуют почти сплошную промышленную площадку, так называемую Безымянскую промзону. Здесь размещены не только крупные промышленные объекты, но мощные источники тепла, электроснабжения, транспортные развязки (Мониторинг..., 1995). Свою роль в создание сложной экологической обстановки вносит рельеф, поскольку расположение Безымянского промузла в котловине способствует развитию застойных явлений и, как следствие, накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы (Солнцева, 2003).

На 1 января 2002 г. в системе экологического контроля Самарского государственного межрайонного комитета по охране окружающей среды было учтено более 5100 предприятий, организаций и учреждений, расположенных на территории города и имеющих источники воздействия на окружающую среду (Волостников, 2002). *Обращаясь к данным 2002 г.*, охарактеризуем особенности воздуха районов города, связанные со спецификой размещений промышленных предприятий (использован обзор Солнцевой, 2002).

Экологическую обстановку в районе Безымянской промзоны формируют такие крупные предприятия, как ОАО «Самарский металлургический завод», ОАО «Самарский завод Экран», ОА «Самаратрансавто», ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», Самарская ТЭЦ, Безымянская ТЭЦ, ОАО «Авиакор», ЗАО «Мягкая кровля», ОАО МПО «Металлист» и др. В атмосферном воздухе Безымянки в 2002 г. проводилось определение 20 вредных веществ, их них 6 превышали уровень ПДК (формальдегид, правышение ПДК в 4.3 раза; пыль, в 2.1; углеводороды, в 1.6; бенз (а) пирен, фенол и диоксид азота – в 1.1-1.3 раза).

В Советском районе высокое загрязнение воздуха формируется в первую очередь за счет формальдегида, пыли и углеводородов, содержание которых в 2002 г. превышало ПДК в 4.3, 2.1 и 2 раза соответственно. Со-

держание диоксида азота и фенола находилось на уровне 1.2-1.3 ПДК, оксида углерода – не превышало ПДК.

В Куйбышевском районе экологическую обстановку формируют в основном предприятия нефтехимического профиля – ОАО «Куйбышевский НПЗ» и ОАО «Термостепс»-МТЛ. Обобщение многолетних данных показывает, что именно Куйбышевский район наиболее загрязнен фенолами и сероводородом – веществами, характерными для выбросов предприятий нефтехимии. так, в 2002 г. содержание фенола в атмосфере района достигало 1.4 ПДК. Приоритетными примесями для района являются также суммарные углеводороды, формальдегид, бенз(а)пирен и диоксид азота.

Экологическую ситуацию Железнодородного района определяют ОАО «Волгокабель», ОАО «Косметическая фирма Весна», привокзальные котельные и автомобильный транспорт. По трем из шести определяемых в воздухе района примесей стабильно превышается уровень ПДК, это формальдегид (4.1), пыль и диоксид азота (превышение в 1.1-1.3 раза).

Основными источниками загрязнения атмосферы Октябрьского района являются ЗАО «СПЗ-4», ГПП «Завод им. Масленникова»[1], автотранспортные предприятия, ОАО «Завод имени Тарасова», ОАО «Самарское производство силикатного кирпича». Из 10 определявшихся ингредиентов содержание формальдегида здесь превышало норму в 4.1 раза, диоксида азота, пыли и бенз (а) пирена – в 1.1-1.5 раза.

Атмосфера Самарского района сильнее всего была загрязнена веществами, присутствующими в выбросах автотранспорта, а при ветрах южного направления сюда поступали воздушные массы, несущие выбросы Куйбышевского НПЗ, загрязненные сероводородом и диоксидом серы. Запыленность воздуха здесь была в 1.2 раза выше допустимого уровня.

Качество воздуха Красноглинского района зависит от выбросов таких предприятий, как «Салют», «Электрощит», объектов стройиндустрии (асфальтобетонного завода, завода ЖБИ, карьеров) и автотранспорта. Содержание формальдегида здесь в 3.7 раза выше ПДК, углеводородами и диоксидом азота – 1.5 ПДК, фенолом и пылью – 1.3 ПДК.

Приволжский и Солнечный микрорайоны, расположенные в хорошо проветриваемой части города, оказались в более выгодном положении, среднегодовые концентрации загрязнителей здесь были ниже средних показателей по городу и не превышали санитарных норм, за исключением диоксида азота (1 ПДК). Общий уровень загрязнения атмосферного воздуха г.Самары в в 2002 г по-прежнему оставался высоким (ИЗА=11,9) (Солнцева, 2003).

---

[1] Сейчас это предприятие уже не функционирует.

Для многолетней динамики средних показателей прослеживается возрастание уровня диоксида азота, оксида углерода, остается близким к определенному уровню содержание взвешенных частиц (пыли), снижается содержание диоксида серы. Соотнося актуальные концентрации этих загрязняющих веществ в воздухе со значениями $ПДК_{с.с.}$, мы можем отметить, что близость к уровню ПДК для 1988-1997 гг. обнаруживало содержание взвешенных частиц, концентрация диоксида азота в ряде случаев превосходила значение ПДК, тогда как уровни диоксида серы и оксида углерода были неизменно ниже ПДК (рис. 6). Именно эти четыре показателя, контролируемые на всех ПНЗ в г. Самаре, определяют общую ситуацию с загрязнением атмосферы. В точках локализации ПНЗ содержание в воздухе пыли, CO, диоксида азота зачастую превышало соответствующие ПДК (2001 г.). Загрязнение воздуха характеризуется определенными сезонными особенностями, что отчетливо проявляется на примере взвешенных частиц (пыли). Формируясь из частиц почвы, компонентов промышленных и автотранспортных выбросов и др. твердых примесей, сумма пылевых частиц достигает максимума в весенне-осенний период, для которого обычными являются пониженная влажность воздуха и наличие открытых пылящих поверхностей. Поэтому различия между высокими «летними» и пониженными «зимними» значениями при усреднении должны привести к появлению уровня показателя, приближенного к ПДК.



Рис. 6. Кратность превышения ПДК по среднегодовым показателям загрязнения атмосферного воздуха в г. Самаре (по данным: Качество..., 1999).

Что касается особенностей перемещения воздушных масс (ветровой режим), здесь также будет проявляться специфика условий конкретного года наблюдений, хотя некоторые общие тенденции заметны. Укажем их, ориентируясь на данные различных лет, которые были нам доступны (Ежегодник..., 1984, 1985; Обзор..., 1983, 1995). В зимнее время (январь) менее характерны ветры северного (северо-западного, северо-восточного) направлений, и, напротив, чаще отмечаются западные, юго-западные, южные, юго-восточные, восточные ветры).

В результате становится вероятным перенос загрязненных масс воздуха от Безымянской промзоны к жилым районам. В летнее время (июль) сравнительно реже прослеживается влияние южных ветров, а в некоторые годы – и восточных (рис. 7). При этом вынос загрязненных воздушных масс за пределы города становится весьма вероятным. Выявленные особенности вполне соответствуют общим тенденциям розы ветров для области. Так, в течение холодного времени года обычны ветры южной четверти (южные и юго-западные), в летнее время преобладают ветры северных и северо-западных румбов (Почвы Куйбышевской области, 1985). Анализ многолетней активности ветровых потоков позволяет отметить, что распределение скоростей ветра по сезонам также неодинаково. Мини-

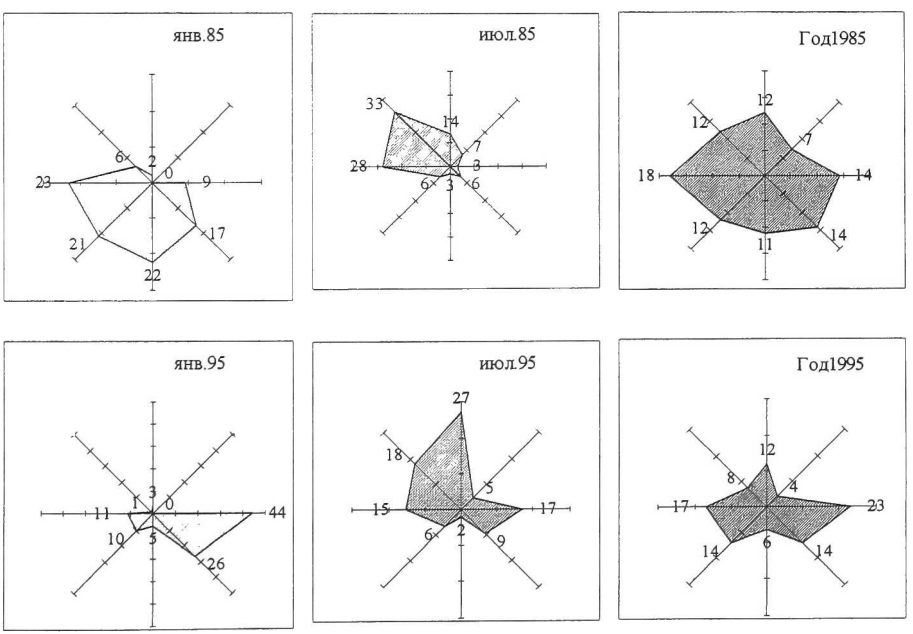


Рис. 7. Роза ветров для отдельных месяцев и лет в условиях г. Самары

мальные скорости ветра приходятся на летний период, максимальные – на зимне-весенний (Экологическая ситуация…, 1994).

Итак, уровень техногенного загрязнения воздуха в городских условиях также характеризуется пространственной и временной неоднородностью, которая налагается на гетерогенность в отношении ведущих экологических факторов природного характера.

Непосредственным результатом существования пространственно-временной гетерогенности урбосреды, продемонстрированной нами по ведущим экологическим факторам для г. Самары, является сложный характер зависимости ответных реакций растений от всего комплекса условий местообитания, а не одного лишь уровня техногенного загрязнения. Это, несомненно, осложняет процесс выбора индикат и делает организацию биоиндикационных исследований в урбосреде в условиях континентального климата лесостепи более сложной задачей. Поэтому, решая частную задачу в аспекте биоиндикации, следует оценивать условия городской среды комплексно и не соблазняться кажущейся «простотой» биоиндикации.

3. ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. САМАРЫ

3.1. Особенности исторического развития города Самары и ее системы озеленения

Для территории города Самары, изначально заложенного как крепость и позднее превратившегося в крупный торговый, а затем – крупнейший промышленный центр России, ведущим моментом оказалось расположение на Волжском берегу, в месте пересечения важных транспортных путей. Рост городской территории происходил как с юго-запада на северо-восток, вдоль Волги, так и вширь, в направлении, перпендикулярном реке.

Интересно проследить, как росли территория и население города, как он превращался в крупный промышленный центр, трансформирующий природные экосистемы. Однако сама предыстория города также представляет интерес как пример длительного взаимодействия человека и природы.

Современное состояние естественных лесов юго-востока европейской части России является результатом сложного взаимодействия исторически сложившихся факторов, приведших к резкому снижению их площади и необратимому изменению структуры. В настоящее время естественные леса лесостепной зоны имеют островной характер, окружены сельскохозяйственными угодьями и другими антропогенными территориями. Как показывают исследования, современный видовой состав и структура широколиственных лесов в Восточной Европе сформировались в течение первой половины голоцена, а максимальное распространение они получили в среднем голоцене (Нейштадт, 1957; Крупенина, 1973; Серебрянный, 1973), проникая далеко на юг (на 200-400 км) – на территории современных степной и пустынной зон (Нейштадт, 1957).

Существует несколько мнений о причинах быстрого появления огромных безлесных пространств на территории современных лесостепной и степной зон. Во-первых, несомненное влияние на существовавший растительный покров могли оказать изменения климата. В течение последних тысячелетий климат в Европе значительно менялся несколько раз (Токарев,1950; Рубашев, 1964; Будыко, 1980). В целом можно выделить около 34 периодов (климатем), из которых было 14 теплых. Продолжительность таких периодов колебалась от 200 до 2400 лет (Борзенкова, Зубаков, 1984). Другим основополагающим фактором, определившим современное состояние лесной и степной зон, является антропогенная активность. Вся голоценовая история Степей – это взаимодействие скотоводов и земледельцев с первоначально лесными и лесостепными территориями. Основными

хозяйственными особенностями, повлекшими резкое сокращение леса, являются: скотоводство, земледелие, рубка строительного леса и обработка металлов, требующая большого количества древесины. Период формирования современного зонального облика Европы совпадает с началом бронзового века и значительной активизацией вышеуказанных видов деятельности (Мильков, 1952; Краснов, 1971; Динессман, 1992).

Исследования последних десятилетий показали, что южная граница степи, а также лесостепи и широколиственных лесов вследствие средопреобразующего антропогенного воздействия за последние 1-2 тыс. лет отступили на север на 400-600 км. Смещение ландшафтных зон на север произошло вопреки климатически обусловленной возможности смещения ландшафтных зон к югу в связи с похолоданиями. Скотоводство на юге Восточной Европы в течение 3 – 4 тыс. лет привело к мощной ксерофитизации растительного покрова и формированию типчаково – ковыльных и разнотравно – ковыльных степей на месте лесостепных ландшафтов (Газизуллин и др., 1998).

Наиболее ранние археологические находки в границах современной Самары относятся к среднему палеолиту, позднепалеолитические стоянки достаточно многочисленны. Древнее поселение, датируемое мезолитом (Постников Овраг III), относится к эпохе зарождения земледелия и скотоводства. Возможно, здесь условно можно обозначить точку отсчета, с которой начинается влияние антропогенного фактора на природные комплексы.

В разное время берега Волги и ее притоков Самары и Сока – по сути, близкие к будущему городу Самаре районы, – были населены сменявшими друг друга кочевыми и оседлыми племенами, среди основных занятий которых важное место занимали скотоводство и земледелие. В процессе развития скотоводства активно (с помощью палов) и пассивно (при истреблении скотом подроста) южная граница лесостепи постепенно смещалась от низовий Волги и Урала на север и северо-запад (Восточноевропейские..., 1994). Появление пашенного земледелия (V в. н.э.), очевидно, можно рассматривать как достижение определенного этапа средопреобразующей деятельности человека, когда природные экосистемы, приближенные к поселениям, стали подвергаться ощутимой антропогенной деградации растительности. В дальнейшем население территории, занимаемой современной Самарой, неоднократно менялось, но именно здесь, в левобережье, долго сохранялось сильное влияние кочевников. Воздействие кочевых стад, с позиций антропогенного преобразования растительности, означало не только

дополнительный фактор «давления» на травянистые и лесные сообщества, но и вызывало массовый занос семян с сопредельных территорий.

После вхождения Поволжья в состав Российского государства для закрепления господства над территорией и обеспечения безопасности транспорту и торговле стало необходимым строительство на Волге русских городов-крепостей. Одна из них, крепость Самара, была построена летом 1586 г. Собственно крепость («город», или «кремль») имела в плане вид прямоугольника площадью 213 на 245 м (Гурьянов, 1986), в предместье которого («посад», или «острог») размещались усадебные постройки, за острогом следовала внешняя система обороны крепости. Крепость заняла самую возвышенную часть междуречья, примыкающую к обрывистому берегу реки Самары (Шефер, 1940). Так, в 1634г. Адам Олеарий оставил в путевых заметках следующее описание Самары: «Этот город лежит по левую руку в двух верстах от берега, построен в виде четырехугольника, имеет небольшое количество каменных церквей и монастырей...» (Моргун, 1986). По данным переписи 1646 года, в Самаре насчитывалось 117 дворов. В 1688 году крепость Самара была переименована в город. Площадь его во второй половине XVII века занимала 69 га (1.8 км в длину и 0.5 км в ширину). В 1703 г. К.де Бруин писал о Самаре: «Город занимает всю гору, а предместье тянется вдоль речного берега» (цит. по: Самарская летопись, 1993). К середине века русло Волги сместилось ближе к городу и р. Самаре, а под стенами крепости возникла протока – «Самарская перебоина». Крепость, посады и слободы оказались вытянутыми вдоль Волги. Настоящим бедствием для Самары тех лет были пожары. Большой пожар 1703 г. уничтожил старые городские укрепления, новые оборонительные сооружения заняли площадь более 3 га (территория Хлебной Площади и завода клапанов) и стали более сложными. Три десятилетия спустя укрепления обветшали, а в конце 1760-х гг. заметны были остатки земляных валов на месте бывшей цитадели. На 1710 г. в Самаре значилось 70 посадских дворов. В 1762 г. по описи в Самаре около 200 домов, соборная и 4 приходские церкви, 2 монастыря. Следует отметить, что на расстоянии около 20 верст от Самары обнаруживалась «высокая степь с черноземом, на котором растет трава почти с человека вышиною».

Для города, заполненного деревянными домами, истинным бедствием становились пожары. После пожара 1765 года осталось 170 частных дворов, сгорело 4 церкви, воеводский дом, магистрат, большинство купеческих лавок, 418 жилых домов. После этого пожара из города вывели кузницы, представлявшие повышенную пожарную опасность. В этом же году

был составлен план регулярной застройки города, но угроза пожаров не исчезла: в 1772 г. за одну ночь сгорело 76 домов.

В 1780 г. план Самары, с учетом расширения реконструкции, был ограничен нынешними улицами Красноармейской и Садовой. Число дворов в Самаре к этому времени увеличилось до 707, а население к началу XIX в. составило 4 тыс. человек. Территория тогдашней Самары равнялась 316 десятинам, из которых 93 приходилось на неудобья (овраги, пустыри и пр.), свыше 200 занимали поселения, сады, огороды, улицы и проулки, 9 – две торговые площади, чуть более 3 – «земляная крепость». Однако уже в то время границы влияния городского поселения на окружающую среду простирались далеко за границы собственно городской территории. Так, в конце XVIII – начале XIX вв. воздействием различных сторон хозяйственной деятельности человека была затронута обширная площадь, прилегающая к городу: городские выгонные земли с хуторами (более 32 тыс. десятин), пахотные земли (2,5 тыс. десятин), участки степи (3 тыс. десятин), дровяного леса (5 тыс. десятин), солонцов и неудобий (2,8 тыс. десятин). Всего сельскохозяйственные угодья самарских жителей достигали площади 46 тыс. десятин, то есть в 150 раз превосходили площадь самого города (Самарская летопись, 1993). По плану 1804 г. город должен быть занять площадь от р. Волги до Самарской улицы и от р. Самары до нынешней Рабочей улицы (рис. 8).

В 1840 г. был утвержден план города, по которому северная граница города передвинулась до нынешней Ульяновской улицы, восточная – до нынешней улицы Братьев Коростелевых. Рост города продолжался, и в 1853 г. его северная граница простиралась уже до нынешней Полевой улицы. Площадь города к тому времени составляла около 10 тыс. десятин (га). «Город тянулся вдоль Волги на три версты и на версту в глубину от нее»... В начале пятидесятых годов XIX в. в Самаре насчитывалось 316 каменных и 2290 деревянных домов, проживало около 15 тыс. человек. За чертой города действовало 7 салотопенных заводов, а в черте города – 8 кожевенных, 19 кирпичных, чугунолитейный и канатный заводы. С 1855 г. в Самаре появился первый крупный объект озеленения – Струковский парк, ранее сад, ныне – городской парк культуры и отдыха им. А.М. Горького. В начале XX в. площадь Самары составила уже 13.6 тыс.га, однако особенно быстрыми темпами город рос в последние 70-80 лет. Так, к 1957г. протяженность города по Волге с юго-запада на северо-восток достигла 35 км, перпендикулярно Волге – 13.5 км, площадь города выросла до 33.5 тыс.га, при доле застроенной части – 10.7 тыс.га. В 1983г. протяженность города по названным направлениям указывалась уже как почти 40 и 20 км соответст-

венно. К настоящему времени площадь Самары выражается значением 470 кв. км (сводка подготовлена по данным (Самара-Куйбышев, 1985; Моргун, 1986; Ахмедова, 1991).

Дореволюционная застройка г. Самары отличалась преимущественно прямоугольной сетью улиц: продольных, параллельных Волге, и поперечных, спускающихся к реке. По образному выражению В.Г. Каркарьяна, 1996, градостроительный план старой Самары (1840, 1853) представлял собой «шахматную доску», поставленную в треугольник городской территории, омываемой волнами р. Волги и Самары. Преобладали одноэтажные деревянные дома, во дворах которых располагались небольшие сады, палисадники (Куйбышевская область, 1957). Дело в том, что исторически планировочная структура застройки самарских кварталов определялась границами землевладений, каждое из которых превращалось в структурную единицу – двор.

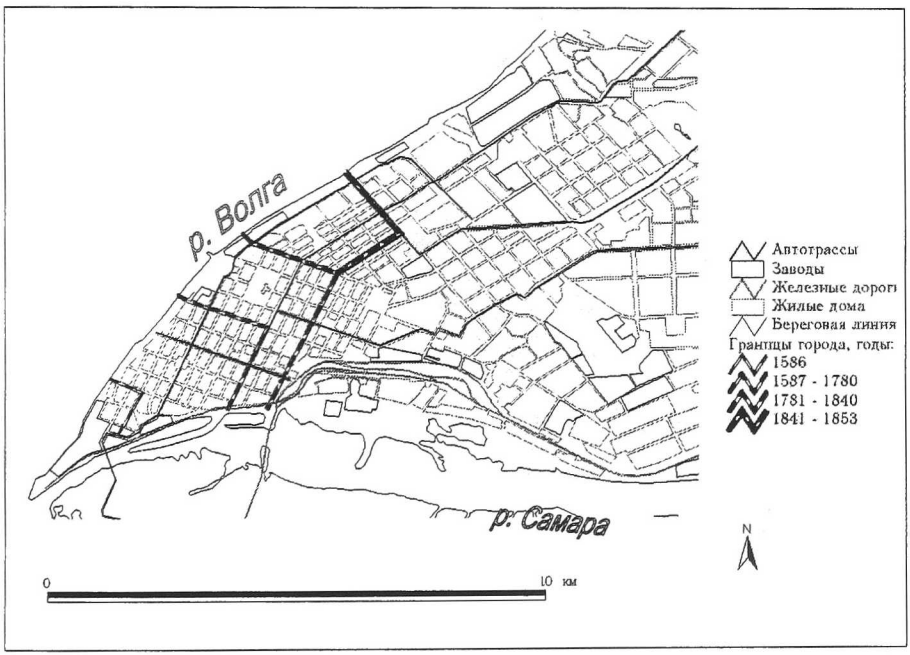


Рис. 8. Границы территории г. Самары в разные годы от основания города до середины XIX в.

Дворы отделялись друг от друга глухими капитальными стенами, застраивались и реконструировались в течение десятилетий (Пастушенко, 1996). Центр города, где строились каменные здания с 2-3 и более этажа-

ми, имел преимущественно диффузное, скрытое во дворах озеленение. Отдельные посадки деревьев на главных улицах города (например, ул. Саратовская – ныне Фрунзе) не были массовыми. Наиболее крупным компонентом городского озеленения был Струковский сад. Были озеленены Александровская и Соборная площади, овальный сквер располагался на Театральной площади. Территория города в этот период смыкалась с пригородными лесными массивами и безлесными биотопами, по мере роста площади селитебной зоны раздвигая границы антропогенно преобразованной территории (Ахмедова, 1991). Е.А. Ахмедова приводит для г. Самары перечень исторических садово-парковых ландшафтов: Александровский, Покровский, Алексеевский, Струковский сады, скверы Алексеевский, Соборной площади, Вокзальный, у городского театра, Молоканские сады, Аржановский сад, кумысолечебницы Постникова и Аннаева, парки городских усадеб Клодта, Наумова, территория Иверского монастыря и др. (Ахмедова и др., 1995).

Активный рост города в последние 70 лет сопровождался не только появлением новых массивов жилых и административных зданий, но и постепенным изменением характера планировки. Так, в 1940-1945 гг. был разработан генеральный план города, сохранявший старую систему планировки, но предусматривавший создание нового центра. Позже основной планировочной структурой города стали микрорайоны – крупные жилые массивы, ограниченные транспортными улицами. Жилой район с общественным центром формировался на базе 3-4 микрорайонов. Кроме 9 крупных жилых районов, в пределы городской черты был включен ряд поселков с промышленными территориями, которые находятся в Куйбышевском и Красноглинском районах. К городу примыкают сельскохозяйственные угодья и садово-дачные массивы (Моргун, 1986). Рост территории города сопровождался не только отчуждением новых земель от природных (лесных и др.) территорий.

Происходила работа по расширению сети парков и скверов непосредственно в границах города. Долгое время берег Волги в пределах г. Самары был практически полностью занят лесоскладами, пакгаузами, причалами и свалками материалов. Работа над созданием нового парка, расположенного на берегу Волги, началась в 1930 г, а в 1932 г. был открыт загородный парк культуры и отдыха (ныне ЦПКиО им. Горького, давно переставший быть загородным). В начале 30-х годов была озеленена площадь у памятника Чапаеву (Театральная пл.).

Новый сквер был разбит на Троицкой площади, озелелены скверы на площадях Революции и Красноармейской (четыре сквера вокруг площади

Куйбышева). В 1935 г. для посетителей открылся Ботанический сад и небольшой Первомайский садик (сейчас – им. Фадеева), в 1936 – сквер на Полевой улице (около трамвайно-троллейбусного управления), в 1937 – детский парк культуры и отдыха, в 1940 г. на площадях и улицах города высажено более 17 тыс. деревьев и более 16 тыс. кустарников. Работа по созданию парков полностью не прекращается даже в военные годы, происходит закладка парков в Кировском районе. В течение первых послевоенных лет работы по озеленению города вновь активизировались. В 1947 году открылся детский парк им. Щорса, озеленялись многие городские улицы. Однако наиболее впечатляющими по своим результатам стали дальнейшие работы по благоустройству берега р. Волги. Задача благоустройства набережной ставится начиная с 1933 года. Работы проводились изначально на небольшом участке от ул. Рабочей до завода «Металлоштамп», между Вилоновским и Некрасовским спусками велись расчистка и засыпка территории под будущую набережную. Основы ее проекта, утвержденного в 1936 г., включали значительное расширение полосы набережной, укрепление береговой линии, формирование нескольких ярусов живописных террас с привлекательными декоративными посадками деревьев, кустарников, цветников, фонтанами, нарядными лестницами и различными малыми архитектурными формами. Итогом многолетней огромной работы стал комплекс из трех очередей набережной, стиль озеленения каждой отличается несомненными особенностями, что отражало существовавшие в конкретные годы требования и своего рода моду.

Со второй половины 70 – х в городе формируются новые обширные парки – парк им. Ю.А. Гагарина с площадью свыше 46 га, парк имени 60-летия Октября протяженностью от Московского шоссе до ул. Стара-Загоры. Продолжается работа по формированию созданных ранее парков – парка Победы и парка Дружбы в Советском районе, парка между ул. Воронежской и Ново-Вокзальной в Промышленном районе. В 1975 г. разбит сквер у Монумента Славы. Полосы озеленения пролегли вдоль ул. Стара-Загоры, новой застройки по Московскому шоссе, ул. Ново-Садовой (Комсомольский бульвар), проспекта Ленина и т.д.

Тем не менее, анализ ситуации с долей озелененных территорий в г. Самаре показывает, что в основной части города они располагаются фрагментарно, не достигают требуемых 50% от площади соответствующих жилых районов [16], а их состояние не всегда соответствует условиям, благоприятствующим развитию растений (уплотненный, загрязненный грунт, отсутствие должного ухода за насаждениями и др.). Показатель же, выражающий озелененность территории для городов Самарской области, со-

ставляет 29%, что выше среднего показателя для Поволжского района (22.3%) и соответствует второму месту в районе, после Пензенской области (46%) (О состоянии..., 1997, 1998). Однако для Самарской области, как и для некоторых других областей РФ, имеются массивы озеленения, составляющие более 25% от площади городских территорий. Для нашего города это лесные массивы, сохранившиеся в северо-восточной части города (Кировский и Красноглинский районы), которые не могут заменить деятельности цельной системы объектов озеленения внутри плотно заселенных и насыщенных промышленными предприятиями районов города, расположенных южнее.

Говоря о перспективах изменения городской среды Самары, следует указать среди ведущих факторов ее развития интенсифицировавшееся в последние годы строительство жилых зданий. Оно осуществляется в форме строительства многоэтажных домов улучшенной планировки и малоэтажной (коттеджной) застройки. Поскольку любой градостроительной системе присущи наличие центра и периферии, что отражает не только специфику планировочной организации, но и функциональную специализацию внутри городского пространства, в результате которой образуются узлы наивысшей социальной активности (Ахмедова, 1996), для разные участков территории города должна разрабатываться специфическая стратегия реконструкции. Строительство многоэтажных домов ведется в основном в старой части города (историческом центре) при сложившейся системе застройки и недостаточно развитых инженерных сетях. Малоэтажная застройка, напротив, выходит за пределы традиционной селитебной зоны, занимая территории бывших пионерлагерей и баз отдыха, где также недостаточно развито инженерное обеспечение (Казенин, 2000).

Исторический центр города Самары, с точки зрения пространственно-планировочной организации, включает не менее пяти типов кварталов, отличающихся особенностями застройки и, поэтому, допускающих различные вмешательства в плане реконструкции (Баранова, 1996). Строительство мноквартирных домов в черте старой застройки приводит к резкому увеличению плотности населения, усилению антропогенного воздействия на природную среду. Это же проблемы присутствуют при уплотнении жилой застройки в сложившихся микрорайонах. Уменьшение внутридворовых территорий вызывает неминуемое сокращение площадей зеленых насаждений, уничтожение игровых площадок, мест выгула животных, вследствие чего возрастает нагрузка на близлежащие объекты озеленения. Необходимость реконструкции застройки, основанной на ландшафтно-экологических принципах, признается обязательной (Лекарева, 1996). Эко-

логический подход должен охватывать все стадии градостроительного проектирования, от схем районной планировки, до объектно-планировочного решения района (Вавилова, 1996). Однако в настоящее время и реконструкция, и формирование новой застройки могут ухудшать экологическую ситуацию внутри городской территории. Так, размещение жилой застройки в рекреационной зоне приводит к тому, что территории, ранее служившие целям рекреации лишь в летнее время, будут подвержены антропогенному воздействию весь год. Увеличивается плотность застройки, сокращается свободная территория, занятая деревьями, появляются новые источники воздействия на окружающую среду. Более интенсивным становится воздействие на почвенный покров, зеленые насаждения, воздушную среду. Следует ожидать ускорения темпов деградации растительных сообществ, к которым непосредственно приблизился город.

3.2. Особенности некоторых объектов озеленения г. Самары

На сегодняшний день в г. Самаре насчитывается 11 парков общей площадью около 159 га (Струковский сад, парк им 30-летия Победы, Детский парк им. Гагарина, парк им.50-ления Октября, ЦПКиО им. Горького и др.) и 97 скверов (Самара – зеленый город..., 2001).

Компоненты системы озеленения г. Самары имеют различное время существования, расположены в разных районах города, характеризуются неодинаковой интенсивностью рекреационной нагрузки. Кратко охарактеризуем парковые массивы, которые служили местом проведения наших исследований, используя данные собственных обследований и литературные материалы (Моргун, 1986; Зеленые ..., 1999).

Парк им. Ю.А.Гагарина. Парк расположен на территории более 35 га в Промышленном районе, между улицами Стара-Загора, Советской Армии, XXII партсъезда и Московским шоссе. Непосредственная близость от промышленных предприятий (КАТЭК) и важнейших транспортных магистралей города априорно предполагает интенсивное газовое и шумовое загрязнение. Расположенные на небольшом удалении мачты радио- и телевещания Самарского телецентра, а также высоковольтные линии электропередачи формируют дополнительно определенный фон электромагнитного загрязнения. Вместе с тем, район парка имеет господствующее положение в рельефе города, что обеспечивает облегченную циркуляцию воздуха. На пересечении ул. Советской Армии и Московского шоссе Приволжским центром по мониторингу окружающей среды (ПЦМС) неизменно фикси-

руются повышенные концентрации ряда загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Парк открыт для посетителей с 1976 года, однако на его территории присутствуют дубы и клены явно старше тридцатилетнего возраста. Поэтому очевидно, что на месте парка ранее присутствовали лесные биотопы, в которых клен и дуб были эдификаторами. Рельеф характеризуется относительно плавным возвышением в направлении с юга на север. Имеющийся в парке водоем, как и чередование облесенных и открытых, партерных участков территории, создают разнообразие биотопов внутри парка.

Парк Дружбы. Парк расположен на территории более 18 га в Советском районе, между улицами Советской Армии, Запорожской, Печерской и Гагарина. Начало его создания относится к 40-м годам, позднее, в 70-е годы, он подвергался определенной реконструкции.

Парк располагается в непосредственной близости от промышленной зоны, обращен к автомагистрали с оживленным потоком автотранспорта, поэтому, несомненно, подвергается воздействию загрязнителей атмолсферы. Сейчас, к сожалению, парк находится в сильно запущенном состоянии, насаждения не получают должного ухода, происходит вытаптывание ряда участков, зарастание корневой порослью деревьев – на других участках. Слабо наклонный рельеф парка сочетает открытые участки внутри парка и покрытые древесной растительностью участки по его периметру.

Парк им. 50-летия ВЛКСМ. Парк расположен на территории более 23 га в Промышленном районе, между улицами Воронежской, Ново-Вокзальной и Ставропольской. Работа по его созданию и обустройству также началась в 40-е годы, продолжившись в 70-е.

Территория парка непосредственно не смыкается с Безымянской промзоной, однако отделена от нее расстоянием менее 2 км и обращена к улицам с активным потоком автотранспорта. Кроме того, для Промышленного района в целом ПЦМС отмечает повышенный уровень загрязнения воздуха. Очень разнообразный по слагающей его флоре парк имеет небольшой внутренний водоем, присутствует обширная открытая часть, плавно переходящая в облесенный участок. Рельеф парковой территории практически выровненный. К сожалению, на большей части своей территории парк также сильно неухожен, отдельные участки замусорены. Парк не располагает на залесенной части продуманной системой асфальтированных дорожек, вследствие чего рекреационные посещения людьми приводят к образованию хаотичного сплетения тропинок и вытаптыванию достаточно разнообразной травянистой растительности.

ЦПКО им. А.М.Горького. Парк расположен на территории более 40 га в Октябрьском районе между улицей Ново-Садовой и берегом р. Волги. После его открытия как Загородного парка в 1932 году произошло постепенное обрастание его городской территорией. К юго-востоку от парка расположены отделенные жилой зоной промышленные предприятия, однако близость реки и озелененных массивов создает относительно благоприятное, для города, положение с качеством воздуха.

Отдельные экземпляры дуба на территории парка, при диаметре ствола более 70 см, являются свидетельством того, что до создания здесь парка, как и в случае парка им. Гагарина, могли существовать лесные биотопы. Для данного парка, при обширной территории, характерно наличие как лесоподобных биотопов, приближающихся к дубравам или кленовникам, так и аллей с рядовой посадкой деревьев-интродуцентов, клумбами с декоративными одно- и многолетниками.

Городской парк культуры и отдыха им. А.М.Горького. Этот парк расположен на территории около 8 га в Ленинском районе – старой части близ набережной Волги, между улицами Красноармейской и Вилоновской.

Старейший из ныне существующих в городе, бывший сад генерала Струкова, парк был открыт для посещения в 1855 году. Позднее он неоднократно подвергался изменениям и перепланировке. Испытывая высокую рекреационную нагрузку, он, очевидно, слабее других парков может страдать от загрязнения воздуха. В парке произрастают старовозрастные деревья нескольких видов и очень небогатый по флористическому составу комплекс дикорастущих травянистых растений. Большая часть травянистой флоры, растущей на клумбах представлена декоративными растениями.

Парк им. Советской власти. Расположен в Кировском районе. Площадь парка 114 га, создан в 80-е годы. Предлставляет собой естественный лесной массив, созданный кленом остролистным, дубом черешчатым, кленом остролистным, осиной, липой. Сохранилась лесная травянистая растительность, имеется подрост клена.

Парк им. 50-летия Октября. Площадь – 28 га. Расположен между улицами Енисейской, Ставропольской, Ташкентским переулком (Кировский р-н). Представляет искусственные насаждения с участием липы, тополя, березы, лиственницы, клена. В центре парка имеется искусственное озеро.

Сквер им. Пушкина (Ленинский р-н). Площадь – 1,3 га. В посадках сквера представлены: тополь, ясень, ель, клен, карагач, береза, рябина и др. В травяном покрове доминируют газонные злаки и сорное разнотравье.

Дубовый колок и озеро в 12 мкрн (Кировский р-н). Площадь – 4,2 га. Фрагмент сохранившейся дубравы, имеются посадки липы.

Лесная зона 1 (Кировский р-н). В границах: Студеный овраг – ул. Демократическая – Барбашинский овраг – р. Волга. Площадь 432 га. Естественные леса, в которых преобладающей породой является дуб, присутствуют также осина, липа, ясень, тополь, клен, береза.

Лесная зона 2 (Кировский р-н). В границах: ул. Демократическая – Волжское шоссе. Площадь 112,8 га. Относится к лиственным лесам естественного происхождения, представлены насаждения средневозрастные и более старшего возраста.

Самарское лесничество. Территория лесничества непосредственно соприкасается с Управленческим городком (Красноглинский район г. Самары) и расположена к северо-востоку от основной городской территории. Лесные биогеоценозы на обследуемой территории представлены вторичными дубравами с примесью липы, восстановившимися после вырубки коренных пород (первичной липовой дубравы), с орешниковой порослью по вырубке, кленовниками с примесью вяза, липы, орешника, осинниками с примесью липы и клена. Лесные биотопы довольно слабо подвергаются рекреационной нагрузке, происходит незначительный выпас скота.

Лесная зона между пос. Красная Глинка и пос. Управленческий. Площадь – 264 га. Естественные лесонасаждения семенного происхождения, средневозрастные и более старшего возраста. Сформированы дубом, осиной, тополем, липой, березой (возраст до 100 лет и более).

Лесная зона между пос. Управленческий и пос. Мехзавод. Леса семенного происхождения, преобладают дуб и липа, реже встречаются тополь, осина, клен, ясень и др.

Итак, для г. Самары нельзя считать завершенной задачу формирования единой непрерывной ландшафтно-рекреационной системы, которая рассматривается в качестве необходимой инфраструктуры города. Система озеленения, пронизывающая городскую территорию крупного индустриального центра (г. Самары), состоит из объектов, неодинаковых по площади, функциональному использованию, уровню рекреационной нагрузки. Будучи сформированной в лесостепной зоне, она представляет собой сочетание фрагментов лесных насаждений, в различной мере сохраняющих связь с природными экосистемами, остепненных и луговых участков, а также сформированных человеком насаждений различного состава и назначения.

Сохраняются тенденции сокращения озелененных площадей в результате изъятия под застройку, деградации зеленых массивов, не подготовленных для массового посещения, выпадения деревьев и кустарников на магистралях с напряженным движением автотранспорта.

Анализ состояния почвенной среды, растительного покрова, фаунистических комплексов парково-лесной среды города существенно важен для оценки состояния данных объектов как вторичных псевдолесных сообществ антропогенного происхождения на момент наблюдения. Сбор подобной информации в рамках мониторинговых исследований покажет не только тенденции изменения условий внутри данных сообществ, но и общие тренды изменения экологической ситуации в городской среде.

3.3. Основные пути генезиса насаждений в городской среде

Воздействие человека на растительный покров приводит к синантропизации (антропогенным изменениям), сопровождаемой многочисленными нежелательными последствиями, среди которых следует назвать: вымирание ряда видов растений, общее обеднение флоры, уменьшение генетического разнообразия отдельных видов, упрощением структуры, унификацией, снижением продуктивности и стабильности растительного покрова (Горчаковский, 1979, 1984; Горчаковский, Абрамчук, 1988, 1994). При замещении природных экосистем городскими территориями ранее существовавшие растительные сообщества полностью уничтожаются либо претерпевают коренные изменения. Позднее производятся работы по озеленению с целью достижения фитомелиоративного и эстетического эффектов. Если воспользоваться классификацией существующих экосистем и растительных сообществ на естественные, квазинатуральные (почти естественные, семикультурные), полукультурные и культурные, предложенной Westhoff, 1952 (цит. по Горчаковскому, Абрамчук, 1988), лесопарковые зоны города будут представлены квазинатуральными, а насаждения внутри города – полукультурными и культурнымии сообществами.

Выше на примере г. Самары показано, что городская среда может отличаться исключительной неоднородностью в отношении ведущих факторов, формирующих условия обитания растительных организмов. Однако растительный покров в условиях городской среды характеризуется также мозаичностью распределения внутри городской территории и различными путями происхождения слагающих его насаждений.

Работы, посвященные изучению растительного покрова урбосреды, весьма многочисленны и позволяют вычленить, на фоне конкретных природно-климатических и других особенностей данной городской территории, некоторые общие тенденции трансформации растительного покрова в условиях урбосреды, мы упомянем лишь немногие из этих публикаций (Якушина, 1982; Wittig e.a., 1985; Горышина, 1991; Игошин и др., 1989;

Мамаева, 1990;. Мартыненко, 1996;. Миркин, Сахапов, 1990; Полякова, 1992; Синельщиков, 1991; Шилова, 1990; Konijnendijk, 1997)

На наш взгляд, пути формирования насаждений в урбосреде, при всем многообразии занимаемых ими городских и пригородных ландшафтов, могут быть сведены к трем основным вариантам (Кавеленова, 2002).

1. Внутри городской территории человеком традиционно формируются различные насаждения, структура которых зависит от фитомелиоративных целей, исторических и национальных особенностей, определенных эстетических и агрономических принципов. Такой вариант происхождения можно определить термином **креационный** (от лат. *creatio* – созидание).

2. Присутствуют фрагменты городской территории, на которых после полного нарушения первоначально существовавших растительных сообществ естественно формируются новые, в состав которых первоначально будут входить лишь самые устойчивые, в массе – рудеральные виды. Этот путь генезиса насаждений можно назвать **волюнтарным** (от лат. *voluntarius* – доброволец, поступающий на службу).

3. В городской среде могут сохраняться остаточные фрагменты естественных растительных сообществ, поглощенных городом в процессе его роста и в различной мере преобразованных в дальнейшем. Такой вариант генезиса насаждений может получить название **резидентного** (от лат. *residens* – пребывающий; в англоязычной литературе остаточные фрагменты лесных массивов внутри городской территории обозначают термином *residential forests* – например, Summit, McPherson, 1998).

Насколько можно судить с точки зрения истории озеленения (например, Жирнов, 1977; Горохов, Лунц, 1985; Вергунов, Горохов, 1988) креационный путь генезиса городских насаждений долгое время оставался единственным и дополнялся волюнтарным в тех частях территории, где на освобожденном от естественных растительных сообществ пространстве специальных работ по озеленению не проводилось. Ускоренный рост урбанизированных территорий в XX, зачастую приводя к слиянию основной городской территории с пригородными населенными пунктами, сделал распространенной практику резидентного генезиса для части городских насаждений.

Зачастую городским насаждениям свойственно развитие путем комбинации по крайней мере двух из названных выше путей генезиса. Мы можем представить ситуацию, когда остаточные фрагменты естественных растительных сообществ (насаждения резидентного генезиса) под действием интенсивной высокой рекреационной нагрузки, утрачивая наиболее чувствительные по отношению к антропогенному воздействию виды, вза-

мен подвергаются внедрению устойчивых рудералов, что может приводить к формированию **резидентно-волюнтарных** растительных группировок. Действительно, даже при относительной экологической благополучности, лесные экосистемы, не имеющие прямого хозяйственного значения, оказавшись внутри городской территории и вблизи промышленных предприятий, претерпевают существенные изменения. Из сообществ выпадают наиболее уязвимые виды, тогда как растения, устойчивые к загрязнению воздуха и почвы, уплотнению почвы и рекреации получают широкое распространение (Kowarik, Sukopp, 1984). Для Центральной Европы, например, ведущим фактором, вызывающим такие изменения, считается именно техногенное загрязнение и, в меньшей степени, непосредственно антропогенное воздействие (Smole, 1990). Очевидно, такой путь развития насаждений затрагивает лесопарки, оказавшиеся поглощенным городской средой в ходе роста селитебной территории. Подобные парковые массивы являются частью системы озеленения многих городов России, например, Москвы (Экология Москвы..., 1997), Перми (Состояние.., 2000), Нижнего Новгорода (Воронина, 1991; Чурмеев, Грачев, 1991), Тольятти (Мозолевская и др., 1995), и большого числа городов, испытавших на себе быстрый территориальный рост в XX в. Они обнаруживаются на территории многих городов мира, где носят название «городских лесов» (*residential forests)* (McPherson, Luttinger, 1998; Summit, McPherson, 1998). Лесные массивы, сохранившиеся в границах территории крупных современных городов, представляют исключительную ценность для улучшения условий в урбосреде и сохранения компонентов биоразнообразия (Klemm, 1987; Koenmann, 1988). Приходится констатировать, что в городских насаждениях численность редких и охраняемых растений падает; для городских лесов г. Берлина, например, это относится к папоротникам, орхидным, видам рода росянка и др. (Klemm, 1987). В городских условиях лесные массивы страдают от загрязнения воздуха, что может стать непосредственной причиной сокращения их площади (Innes, 1988).

Обращаясь к истории развития системы озеленения в г. Самаре, отметим, что **в течение долгого времени единственным путем генезиса насаждений был креационный. К резидентному пути развития** (со слабо выраженными волюнтарными тенденциями) условно можно отнести дачи и монастырские сады г. Самары в конце XIX – начале XX века, которые фактически представляли собой отчужденные фрагменты пригородных лесных массивов, слабо затронутых антропогенезом. Эти насаждения с одной стороны примыкали к селитебным территориям, а с другой – смыкались с лесными массивами, окружавшими Самару с севера и востока, вы-

полняя роль своего рода буферной зоны. Ценный фактический материал, относящийся к резидентным насаждениям г. Самары, представлен в работе Н. Щербиновского, опубликованной в 1919 г. Во второй половине XX для г. Самары несколько сходным путем происходило изменение видового состава насаждений Самарского лесничества, ныне отделяющего основную часть городской территории от Красноглинского района и поселка Управленческий. Отдельные фрагменты резидентного происхождения, судя по всему, присутствуют на территории двух городских парков – парка им. Горького («Загородного парка») и парка им. Гагарина, где обнаруживаются высоковозрастные экземпляры дуба черешчатого, произраставшие здесь до создания парков.

Долгое сохранение резидентного насаждения в чистом варианте представляется маловероятным, из-за ограниченного размера территории и антропогенного давления города на фрагментированную им лесную экосистему. Как воздействие рекреации, так и техногенное загрязнение становятся причиной изменения структуры лесных фитоценозов, смены их флористического состава, уменьшения продуктивности этих сообществ (Тарчевский, 1964; Neuhäust, 1980; Folkeson, Andersson-Bringmark, 1988; Tovar, 1989; Лайвиня, Лайвиньш, 1990; Махнев и др., 1990).

Не менее распространены ситуации, когда в искусственном насаждении (креационного генезиса) под пологом древесной растительности, представленной высаженными экземплярами местных и интродуцированных видов, естественным путем формируется травостой либо происходит естественное внедрение различных видов в искусственно высеянный травостой (газон). Иными словами, набор эдификаторов и ассектаторов в данном насаждении произвольно определен человеком в качественном и количественном отношении, а формирование травостоя в существенной мере происходит естественным путем. В таком случае, вероятно, мы можем говорить о формировании **креационно-волюнтарных** фитоценозов. Примером такой ситуации может служить большинство скверов и парков г. Самары, насаждения в дендрарии ботанического сада СамГУ, на территории промышленных предприятий и больниц.

Сохранение в чистом («проектном») виде креационного насаждения требует постоянного контроля человеком не только древесных и кустарниковых насаждений, но и той травянистой растительности, которая в высшей степени подвержена попыткам волюнтарного внедрения дикорастущих видов. Это можно наблюдать практически в любом случае, когда создается сквер, парк или сад. С другой стороны, содействие внедрению видов местной флоры в креационные насаждения при умеренной антропо-

генной нагрузке на них может рассматриваться в ряду мероприятий по охране биологического разнообразия.

Каждый вариант происхождения растительных группировок будет характеризоваться вполне предсказуемыми чертами видового состава и внешнего облика. Так, для растительных группировок, имеющих **резидентное происхождение**, генетическая связь с естественными экосистемами будет выражаться в заметном преобладании местных видов, массовых для естественных растительных сообществ, свойственных природным условиям. Помимо этого, физиономически такие фрагменты будут характеризоваться нерегулярным, случайно-групповым размещением экземпляров каждого вида в пределах сообщества. Такое расположение упомянутых нами ранее высоковозрастных экземпляров дуба черешчатого, клена остролистного в отдельных участках парков г. Самары – парка им. Гагарина, парка им Горького служит доказательством резидентного происхождения этих насаждений, по крайней мере, для отдельных фрагментов парковых массивов.

При креационном происхождении насаждений в их видовом составе может быть представлена значительная доля интродуцентов, иногда они выступают в качестве эдификаторов насаждений, а характер размещения особей древесных и кустарниковых растений, в зависимости от проекта озеленения, может быть регулярным или внешне соответствовать случайно-групповому. Достаточно отчетливо именно такой характер генезиса насаждений прослеживается в большинстве городских скверов, трех очередях набережной р. Волги, ряде парков, хотя в этих насаждениях в большей или меньшей степени прослеживается внедрение волюнтарного компонента. Это проявляется в ходе формирования травостоя и при недостаточном уходе за насаждениями – в формировании «зарослей» сорно-древесного характера (поросль клена ясенелистного, вяза мелколистного, некоторых других видов).

Растительные группировки волюнтарного происхождения в массе обнаруживаются на пустырях, по обочинам дорог, в необустроенных частях санитарно-защитных зон промышленных предприятий, в районах новостроек. Чаще всего они претерпевают сукцессионные изменения, сопровождающиеся изменением видового состава а, следовательно, и облика растительных сообществ, в течение ограниченного несколькими годами отрезка времени. Важнейшее условие их возникновения – полное нарушение ранее существовавшего на данной территории растительного сообщества. Волюнтарные насаждения, по крайней мере, на определенных стадиях своего существования, зачастую становятся прибежищем нежелательных в

городской среде рудеральных видов, как травянистых (крапива двудомная, циклахена дурнишниколистная, амброзия трехраздельная, конопля сорная – анемофилы, поставляющие в воздушную среду значительное количество аллергенной пыльцы), так и древесных (клен ясенелистный) (Золотухин, Сулига, 1999). С другой стороны, в ходе хозяйственного преобразования природных сообществ человек нарушает естественные растительные сообщества и создает новые, в том числе щебнистые, песчаные, скальные техногенные пространства с сильно разреженной растительностью. Это может приводить к миграции в техногенные неоэкотопы видов растений, до этого редких, занимавших небольшие участки в уничтоженных природных сообществах (Князев, 1990).

В обустроенной городской среде волюнтарные насаждения, в которых главенствуют рудеральные виды, по мере возможности стремятся заместить креационными. Тем не менее, на наш взгляд, именно волюнтарная растительность обнаруживает необычайную пластичность растительных организмов, способных произрастать на участках с полностью нарушенным почвенным покровом, формировать группировки на щебенчатых насыпях (пути рельсового транспорта), в условиях высокого техногенного загрязнения почвы, устойчиво переносить вытаптывание и др.

Формирование насаждений в столь динамичной среде, какой является город, происходит различными способами, при сохранении определенной генетической связи с природными экосистемами либо путем полного их нарушения (замещения), в результате чего можно говорить о появлении резидентных, креационных либо волюнтарных насаждений, а также насаждений промежуточного характера генезиса.

Что касается современного состояния города Самары, на территории города и в ее непосредственном окружении представлены насаждения с различными путями генезиса. **Резидентные насаждения** представляют собой фрагменты природных (вторичных) растительных сообществ, поглощенных городом в процессе его роста (парк им. Гагарина, парк им. Горького, территория Самарского лесничества). В насаждениях резидентного генезиса в различной мере проявляются **креационные тенденции**. Так, и для парка им. Горького (Загородного парка), и для парка им. Гагарина свойственно наличие участков с молодыми насаждениями, сформированными в разное время эксплуатации паркового массива, здесь широко использованы древесные интродуценты. Поэтому в строгом смысле два наиболее ценных во флористическом отношении парковых массива г. Самары представляют собой скорее креационно-резидентные насаждения. Напротив, отдельные участки лесных массивов, окружающих город и разделяю-

щих основную территорию и отдаленные районы, в условиях давления антропогенного фактора (рекреация, вытаптывание, бытовое и промышленное загрязнение, вырубка и пр.) по сути превращаются в волюнтарно-резидентные насаждения.

Три очереди набережных, парки им. Победы, им. ВЛКСМ, Дружбы, им. Щорса, большинство скверов города, как и насаждения на улицах и бульварах, будут принадлежать к **креационным насаждениям**. Однако при отсутствии должного ухода за насаждениями и высоком уровне рекреационной нагрузки креационные насаждения подвергаются рудерализации, – в них появляются уплотненные, вытоптанные, нарушенные участки, становящиеся прибежищем видов-рудералов. Таким путем креационные насаждения трансформируются в волюнтарно-креационные (некоторые скверы, участки уличных и бульварных посадок). Когда рудерализация затрагивает не только травянистый, но и кустарниковый и древесный ярусы насаждения, например, при волюнтарном внедрении сорно-древесных видов клена ясенелистного, вяза мелколистного, парковое насаждение либо сквер приобретают черты креационно-волюнтарного насаждения (недавнее состояние парка Дружбы). Сформировавшаяся самостоятельно на пустырях, обочинах дорог, путях рельсового транспорта растительность будет отличаться волюнтарным характером генезиса. В условиях г. Самары, помимо рудеральных травянистых растений, для волюнтарных насаждений обычны заросли клена ясенелистного – интродуцента североамериканского происхождения, тогда как местные древесные виды практически никогда в них не участвуют.

Программа фитомониторинга в конкретной точке (насаждении) должна составляться с учетом его специфики, в том числе и происхождения, во многом определяющего особенности его видового состава и структуры. При этом условии возможно получение данных как об общей экологической ситуации, так и об уровне влияния техногенного загрязнения на природные компоненты урбосреды.

4. К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В БИОМОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ УРБОСРЕДЫ

4.1. Особенности мониторинга в насаждениях различного генезиса

Несмотря на то, что в современных индустриальных центрах осуществляется контроль за загрязнением атмосферного воздуха, воды, почв (Руководство..., 1979; Владимиров и др., 1991; Хоружая, 1998; Контроль химических..., 1998), данных анализов недостаточно для составления полной картины экологической ситуации в пределах урбанизированной территории. Использование городской растительности для биомониторинга качества среды сделало бы возможным получение, в дополнение к данным аналитического контроля, данных интегративной оценки реакции живых организмов практически на всей территории города, при суммации воздействий в течение определенного времени – от нескольких дней до нескольких лет (Коршиков и др., 1995). При этом методы сбора данных в большинстве случаев не требуют дорогостоящего инструментария, что открывает определенные заманчивые перспективы для использования городской растительности в качестве объекта мониторинга. **Однако нельзя забывать о ряде связанных с этим проблем. Первая проблема** связана с исключительной неоднородностью (мозаичностью) условий в пределах городской среды (Dorney, McLellan, 1984; Ильминских, 1988; Природный комплекс..., 2000), делающей необходимым учет множества факторов в их взаимодействии. **Вторая проблема** определяется различным характером генезиса компонентов городских насаждений. Это означает, что программа наблюдений в компонентах городской системы озеленения должна формироваться с учетом характера происхождения данного насаждения. **Третья** определяется тем, что практически любой структурно – функциональный показатель растительного организма обнаруживает определенные изменения в техногенно загрязненной (в том числе городской) среде, что делает актуальным выбор индикат. **Наконец,** сам характер изменчивости признаков у растений, будь то в пределах выборки, в сезонной динамике или при сопоставлении наблюдений, относящихся к различным вегетационным периодам, ограничивает возможности использования тех или иных показателей в качестве индикационных, приводя их в соответствие со сроками наблюдений или особенностями конкретного года. Это исключительно важно для континентального климата лесостепи, обнаруживающего значительные различия погодных условий в разные годы.

Помимо общей оценки экологической ситуации в насаждении, исходным этапом для организации биомониторинга является определение видо-

вого состава фрагментов городских насаждений. Далее мы можем как отслеживать тенденции исторического развития, оперируя совокупными списками видов, полученными в различное время, так и проводить скрининг для оценки ситуации в различных участках насаждений. Однако в любом случае нужно четко представлять, каков характер генезиса данных насаждений.

Например, в насаждениях креационного (креационно-волюнтарного) происхождения древесный, а в большинстве случаев – и кустарниковый ярус формируется человеком произвольно. Его видовой состав будет отражать особенности проекта озеленения, эстетические и иные пристрастия его создателей, наконец, обнаруживать связь с историческими и национальными традициями озеленения, но не вполне могут быть использованы для адекватной оценки условий местообитания. Очевидно, в насаждениях с таким типом происхождения следует считать более значимым не суммарный список видов, а список видов естественно сформировавшегося травостоя, который может быть использован для целей фитоиндикации например, с помощью шкал Д.Н. Цыганова, 1983, или иных систем оценки условий местообитания. Зачастую сопоставление результатов такой балльной оценки условий насаждения путем анализа показателей видов из естественно сформировавшегося травостоя может обнаруживать заметные расхождения с показателями экологического оптимума произрастающих здесь древесных растений.

Древесные и кустарниковые растения в насаждениях креационного (креационно-волюнтарного) происхождения, на наш взгляд, должны рассматриваться как объекты для получения информации о физиолого-биохимических, анатомо-морфологических и других проявлениях адаптивных реакций этих растений по отношению к антропогенной среде обитания, техногенному загрязнению и др. Адекватная интерпретация полученных данных возможна лишь при рассмотрении условий местообитания в комплексе, с учетом важнейших экологических факторов.

Для насаждений резидентного либо резидентно-волюнтарного происхождения определенную фитоиндикационную значимость будет иметь полный список видов, присутствующих в данном сообществе. Насаждения такого типа представляют наиболее интересный материал в аспекте изменений их видового состава во времени, позволяя обнаружить виды с различной устойчивостью к комплексу условий урбосреды. Как известно, комплекс условий городской среды может выступать как новый фактор, по отношению к которому растения проявляют себя как урбанофилы, урбанофобы и урбанонейтральные виды (Wittig e.a., 1985). Например, лесные

виды в городской среде часто являются урбанофобами, не заходящими в центр города (Gödde e.a., 1985). Иной подход заключается в классификации растений урбанизированных территорий с позиций их гемеробности (устойчивости к антропогенному воздействию) – на ряд групп, начиная от а- и олигогемеробных и завершая эу- и полигемеробными (Frank, Klotz, 1990). Рассмотрение городских флор с позиций гемеробности представляет интересный аспект, демонстрируя для урбосреды преобладание мезо-, эу- и полигемеробов (Ильминских, 1993; Ишбирдина, Ишбирдин, 1993), хотя возможна и иная картина (Антипина и др., 1996). В насаждениях резидентного генезиса может также осуществляться мониторинг физиолого – биохимических, анатомо – морфологических и иных реакций растений на воздействие многокомпонентного техногенного загрязнения.

Наши исследования выполнялись в 1990-2002 гг. в различных насаждениях (парках, скверах, уличных посадках) и пригородных лесных массивах в окрестностях г. Самары. Для конкретных насаждений определяли видовой состав высших растений, жизненное состояние древесных и травянистых видов, состояние и основные признаки почвенного покрова, положение в рельефе и связанные с ним особенности микроклимата, относительный уровень техногенного загрязнения. Для оценки биотопов использовали условные шкалы и баллы шкал Цыганова, 1983. Основными объектами исследования служили 20 видов цветковых растений, для которых определяли морфометрические, анатомические, физиолого-биохимические показатели вегетативных и генеративных органов растений с использованием световой микроскопии, гравиметрического, спектрофотометрического, фотоколориметрического и др. лабораторных методов исследований.

Математическая обработка проводилась на ПК с использованием пакетов программ STATGRAPHICS, EXCEL и STATISTICA, и включала, помимо вычисления общепринятых биометрических показателей, проведение корреляционного и кластерного анализа, расчет коэффициентов Жаккара, Кэндела, критерия χ-квадрат и др. (Плохинский, 1980; Зайцев, 1984; Песенко, 1982; Шмидт, 1985; Тюрин, Макаров, 1995; Тофель, 1996; Боровиков, 2001). В системе ArcView GIS 3.2. на основе доступного картографического материала была подготовлена компьютерная карта г. Самары, которая использовалась для выполнения схем размещения насаждений, показателей их видового богатства, рудерализованности и др. Для ряда эколого-физиологических параметров растений было выполнено изолинейное картирование и зонирование территории в соответствии с уровнем значений анализируемых показателей.

4.2. Возможности мониторинга в насаждениях резидентного генезиса: выявление временных изменений видового состава насаждений

Мониторинг в историческом аспекте позволяет выявить ведущие тенденции длительного изменения (развития) растительных комплексов и определить отношение различных видов растений по отношению к комплексу условий урбосреды. Для близких к Самарской области территорий вопросы антропогенной трансформации флоры городов либо их окрестностей проанализированы, например, для Саратова (Хмелев, Березуцкий, 1995; Березуцкий, Панин, Шилова, 2002), Уфы (Ишбирдин, Ишбирдина, Миркин, 1993; Ишбирдина, Ишбирдин, 1995), имеются определенные сведения по г. Ульяновску (Раков, 1996). Для лесостепи Сибири – г. Барнаула – интересный материал получен Т.А. Терехиной (2000). К нашему сожалению, растительность в окрестностях г. Самары не столь часто привлекала к себе внимание исследователей, как это было, например, с растительными комплексами Жигулей, которые были отделены от растущей городской территории руслом р. Волги. Отдельные работы, посвященные флоре окрестностей г. Самары, упомянуты нами в главе 2. Особенности растительности поймы и надпойменной террасы р. Самары, ныне входящие в состав Куйбышевского района г. Самары, были проанализированы И.С. Сидоруком в 1935 г, повторно эта территория была обследована в начале 90х годов (Игошин, Мозговая, 1991). Ряд недавних работ самарских ботаников посвящен компонентам флоры собственно г. Самары и Самарского Заречья (Матвеева, 1996; Соловьева, Дашутин, 1996), в том числе в плане изменения их видового состава.

Что касается г. Самары, в аспекте исторического мониторинга в насаждениях резидентного генезиса большую ценность представляет относящаяся к началу XX в. работа Н. Щербиновского, 1919. В ней дан дневник фенологических наблюдений с марта по конец октября, описание результатов полевых экскурсий и списки видов высших растений и бабочек, встреченных автором в окрестностях г. Самары в 1916 г.

Рассматриваемые в работе Н. Щербиновского территории – окрестности г. Самары, за исключением части, поглощенной городом в период наиболее активного роста (вторая половина XX в), сегодня входят в состав пригородных лесных массивов (Самарское лесничество). За прошедшие годы здесь проводились вырубка леса, прокладка и модернизация дорог, прокладка линий электропередач и др. виды работ, нарушающих естественное развитие растительных сообществ. Все эти годы, в той или иной

степени, данные насаждения испытывали давление рекреационной нагрузки, выпаса скота и т.д. Список видов, составленный в начале XX в Н. Щербиновским, включает виды, принадлежащие различным типам сообществ – лесных, луговых, околоводных. Следуя той же схеме, можно сопоставить с ним список высших растений, составленный нами для территории Волжского склона, сочетающей в себе лесные, степные, рудерализованные и пр. участки и лежащей в пределах от Постникова (Подпольщиков) оврага до Красноглинского р-на г. Самары (по течению р. Волги) и от берега р. Волги до ул. Ново-Садовой и Красноглинского шоссе (в широтном направлении). Далее мы хотели бы остановиться на основных тенденциях изменений видового состава, которые произошли в насаждениях резидентного генезиса под возрастающим давлением антропогенного фактора.

Как известно, территория Волжского склона в очерченных выше границах включает первую террасу поймы р.Волги, склон от первой террасы к пойме и нижнюю часть поймы р. Волги, прилегающую непосредственно к руслу. Поэтому растительные сообщества сформировались здесь под влиянием контрастных условий водного режима, рельефа, особенностей почвообразующих пород, а в границах городской и ближней пригородной зон – при главенствующем воздействии антропогенного фактора, что определило мозаичность растительного покрова данной территории в целом.

Затопляемая полностью в период половодья и частично при периодических сбросах воды нижняя часть поймы характеризуется преобладанием влаголюбивых травянистых растений со значительной примесью сорных видов (рудерантов). Так, среди первых здесь отмечаются осоки острая и дернистая *Carex acuta L., C. caespitosa L.,* камыш озерный *Scirpus lacustris L.,* рогоз узколистный и широколистный *Thypha latifolia L., T. angustifolia L.,* мята полевая *Mentha arvensis L.*, поручейница водяная *Catabrosa aquatica (L) Beauv.*, дудник лекарственный *Angelica archangelica L.,* хвощ луговой *Equisetum pratense Ehrh.*, горец земноводный *Polygonum amphibium L.*, череда трехраздельная *Bidens tripartita L.* и др.; среди рудерантов обычны дурнишник обыкновенный *Xanthium strumarium L.*, бодяк полевой *Cirsium arvense (L.) Scop.,* осот полевой *Sonchus arvensis L.*, цикорий обыкновенный *Cichorium inthybus L.*, щетинник сизый *Setaria glauca (L.) Beauv.*, горец птичий *Polygonum aviculare L.*, мать-и-мачеха *Tussilago farfara L.*, икотник серый *Berteroa incana L.* В нижней части поймы присутствуют также ивы белая и козья *Salix alba L., S. caprea L.* в форме поросли, вяз мелколистный *Ulmus foliaceae Gilib.*, изредка – ольха серая *Alnus incana L.* и осина *Populus tremula L.* Встречаются отдельные крупные экземпляры тополя черного (осокоря) *Populus nugra L.* Занятые растительностью участки чередуются со

свободными от растительности участками песчаных пляжей и каменистых осыпей.

На состояние растительного покрова нижней части Волжского склона негативно влияет комплекс действий человека, связанных с отдыхом на берегу реки (вытаптывание, сбор растений, разведение костров, захламление берега бытовым мусором, загрязнение от малых моторных судов и их стоянок, автотранспорта). В пределах нижней части Волжского склона от спуска Шмидта до пристани Студеный овраг нами практически по всему берегу на каждом шагу отмечались скопления бытового мусора, который включает в себя трудноразлагаемые примеси (стекло, пластмассы и пр.). В этой же части берега растительность непосредственно сталкивается с воздействием химического загрязнения стоками бытового характера, сочащимися в Волгу из оврагов, а также со сбросом промышленных (вероятно, ливневых) стоков. Эти стоки зачастую являются источником не только химического, но и теплового загрязнения окружающей среды, что местами способствует развитию большей, чем свойственно для прибрежной зоны в целом, фитомассы растительных группировок, использующих эвтрофицированый сток. В таких условиях произрастали камыш озерный *Scirpus lacustris L.*, рогоз узколистный и широколистный *Thypha latifolia L., T. angustifolia L.*, горец земноводный *Polygonum amphibium L.*, череда трехраздельная *Bidens tripartita L.*, вербейник обыкновенный *Lysimachia vulgaris L.*, тысячелистник хрящеватый *Achillea cartilaginea Ledeb.*, щавель курчавый. *Rumex crispus L.*

Прибрежный комплекс растительности, как правило, сегодня включает в себя наиболее устойчивые к антропогенным условиям виды, которые в принципе характеризуются определенным хозяйственным значением (череда трехраздельная, например, – лекарственное растение). Однако заготовку лекарственного сырья даже для индивидуального использования производить здесь не следует, с одной стороны, в силу его возможного загрязнения, с другой стороны, – вследствие необходимости охраны растительного покрова. В своем существующем виде он в определенной степени участвует в защите р. Волги от загрязнения, задерживая часть потока поступающих с берега загрязняющих веществ. При упорядоченном использовании берега под пляжи с оставлением части территории свободной от рекреационной нагрузки можно ожидать, что рудеральный компонент постепенно вытеснится комплексом прибрежной растительности, обычным для данных местообитаний, но без специальных мер и определенных материальных затрат ожидать улучшения ситуации не следует.

Склоновая часть берега в границах от оврага Подпольщиков до Студеного оврага за небольшим исключением представляет собой территорию, занятую под садово-дачные участки и жилую застройку. В этих условиях тонкий и уязвимый почвенный слой особо страдает от уплотнения (вытаптывания), загрязнения бытовым мусором. От оврага Подпольщиков до ЦПКиО им.Горького мы наблюдали древесно-кустарниковое сообщество вторичного характера, где основным и практически единственным участником являлся клен ясенелистный *Acer negundo L.*, интродуцированный из Северной Америки. В условиях нашего города данный вид стал фактически сорным растением и активно внедряется в нарушенные местообитания.

На территории ЦПКиО и выше по течению р. Волги на Волжском склоне появляются древесные породы, типичные для нашей области, которые в разных сочетаниях формируют древесно-кустарниковые сообщества вторичного или остаточного характера: клен остролистный *Acer* platanoides L., дуб черешчатый *Quercus robur L.*, липа сердцевидная *Tilia cordata Mill.*, тополь черный, осина, ива белая. Многие из этих лесных сообществ мертвопокровны (травяной ярус отсутствует), что определяется высокой сомкнутостью древесного яруса и в ряде случаев – сильной уплотненностью почвенного покрова (склон парковой зоны). В некоторых сообществах отмечено возобновление клена остролистного и дуба всходами.

От поляны им. Фрунзе до пристани Студеный овраг лесные участки на Волжском склоне носят остаточно-фрагментарный характер, вклиниваясь в полосы дачных массивов. При этом они используются для свалок, загрязняются, вытаптываются. Необходимо упорядочить взаимодействие жителей с еще не исчезнувшими остатками природных растительных комплексов[1].

Начиная от пристани «Студеный овраг» до пос. Красная Глинка склоновый участок представляет достаточно интересную территорию, слабее затронутую антропогенным воздействием ввиду большей удаленности от селитебной зоны и сложного рельефа. Здесь встречаются липовые дубравы с примесью клена остролистного с плотным травянистым покровом из лазурника *Lazer trilobium (L.) Borkh.* (реликтовое растение), на крутых склонах присутствуют ковыль *Stipa pennata L.*, василек русский *Centaurea ruthenica Ledeb.*, тимьян *Thymus zheguliensis Klok. et Shost.*, сон-трава *Pulsatilla patens L.*, живокость клиновидная *Delphinium cuneatum Stev ex DC*, нами отмечено несколько экземпляров папоротника костенец постенный *As-*

[1] В последние годы здесь активно происходит строительство коттеджей, что усилило антропогенную нагрузку на сохранившиеся природные экосистемы.

plenium ruta-muraria L. (реликтовое растение, нуждающееся в охране). Интересные формы рельефа привлекают неорганизованных туристов, что наносит определенный вред природным комплексам. Кроме того, данная часть территории подвержена оползневым и карстовым явлениям. Возможно, необходимо рассмотреть меры особой охраны данной части Волжского склона, весьма сходного с отдельными биотопами Жигулевского заповедника. Далее от пос. Красная Глинка до устья р. Сок территория Волжского склона, сужаясь, вновь подвергается усиленному антропогенному воздействию, приводящему к обеднению видового богатства и рудерализации растительных сообществ.

Отметим также, что относящаяся к первой террасе р. Волги в пределах Волжского склона территория Дубовой Рощи (до ул. Ново-Садовая) представлена достаточно разнообразными растительными группировками. Это кленовники, дубравы и леса смешанного типа, в которых сохраняются привлекательные раноцветущие растения, варварски истребляемые в пору цветения (ветреницы лютичная и алтайская *Anemone ranunculoides L., A. altaica Fisch. ex C.A.Mey.*, ландыш майский *Convallaria majalis L.*, хохлатка плотная *Corydalis solida (Ehrh.) Sw.* Здесь же изредка встречаются рябчик русский *Fritillaria ruthenica Wikstr.*, пыльцеголовник красный *Cephalanthera rubra (L.) Riich.* (растение включено в Красную Книгу РФ).

Для этой территории также характерно загрязнение спонтанно возникающими свалками, самовольная вырубка леса, вытаптывание и уничтожение растений. Нарушенные участки, свободные от леса, зачастую превращаются в сообщества высоких рудеральных травянистых растений - «бурьян», в составе которого присутствуют виды с аллергенной пыльцой (полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris L.*, циклахена дурнишниколистная *Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen.* и др.). В настоящее время растительность Волжского склона подвергается сильному негативному воздействию антропогенного фактора (неупорядоченная рекреация, механическое уничтожение, уплотнение почвы, загрязнение бытовым мусором и химическими компонентами). Необходимо размежевание селитебных территорий и участков природной растительности, имеющих природоохранное значение. Необходимо также упорядочение рекреации по берегу р. Волги, устранение свалок, поддержание охранного режима природных сообществ. Это позволит в определенной мере восстановить состояние растительного покрова, повысит его ценность как природного объекта и усилит эффективность как компонента водоохранной зоны. К сожалению, бурное развитие малоэтажной застройки Волжского склона, сопровождающееся практическим уничтожением оставшихся природных сообществ, не оставляет

оснований для оптимистических прогнозов развития экологической ситуации на Волжском склоне.

Список высших растений, составленный Н. Щербиновским в 1916 г. в результате его маршрутных обследований территории Волжского склона, включает более 230 видов высших растений. Поскольку в данной работе не ставилось задачи собственно флористических обследований, а основной упор делался на фенологические наблюдения, можно говорить о возможной неполноте списка, составленного в начале XX в., что снижает значимость сравнения количественных данных. Для практически той же территории в ее нынешнем состоянии нами было обнаружено не менее 320 видов высших растений. Вполне вероятно, что составленные нами списки также не являются исчерпывающе полными и скорее ориентированы на виды, наиболее часто встречающиеся в сообществах либо вообще слагающие их основу. Однако, не претендуя на полноту, они все же могут быть использованы для анализа изменений ситуации с видовым составом флоры, сопряженных с определенными изменениями экологических условий в насаждениях.

Сопоставляя списки видов, составленные с разрывом почти в 90 лет, мы можем отметить, что ряд видов, указанный для окрестностей тогдашней Самары Н. Щербиновским, ныне не встречается в составе данных насаждений: валериана лекарственная *Valeriana officinalis L.*, горечавка перекрестнолистная *Gentiana cruciata L*, ирис сибирский *Iris sibirica L.*, истод обыкновенный *Polygala vulgaris L.*, лилия кудреватая *Lilium martagon L*, лиственница европейская *Larix sibirica Ledeb.* (в естественных насаждениях), ломонос цельнолистный *Clematis integrifolia L* (есть устное сообщение О.А. Мозговой о находке данного вида в труднодоступном местообитании в границах Волжского склона), тюльпан Биберштейна *Tulipa bieberstеiniana Schult. et Schult. fil.*, шпажник черепитчатый *Gladiolus imbricatus L.* Среди названных растений имеются высоко декоративные, что могло в условиях возрастающей рекреационной нагрузки сделать их объектом хищнического сбора. С другой стороны, глубокое нарушение природных комплексов (вырубка и пр.) также могло привести к утрате данных видов.

Имеются другие виды, которые к концу XX в. стали редки в окрестностях г. Самары, главным образом из-за сокращения территории слабо затронутых природных растительных сообществ (вороний глаз четырехлистный *Paris quadrifolia L*, живокость клиновидная *Delphinium cuneatum Stev. ex DC.*, лазурник трехлопастной *Laser trilobum (L.) Borkh.*, рябчик русский *Fritillaria ruthenica Wikstr.*).

Два из видов сорных растений, произраставших на данной территории в начале века – куколь обыкновенный *Agrostemma githago L* и тысячеголов испанский *Vaccaria hispanica (Mill.) Rauschert*, в 1990-2001 гг нами не были встречены. Интересно, что они к настоящему времени могут считаться исчезнувшими в урбанизированных ландшафтах Московской области (Куваев, Шелгунова, 1988), а для территории г. Уфа относятся к реликтовым сегетальным, ныне исчезнувшим видам-рудералам (Ишбирдина, Ишбирдин, 1995). Что касается нашего региона, то А.Ф. Терехов в конце 60-х годов относил эти виды к распространенным сорнякам (Терехов, 1969), тогда как Т.И. Плаксина спустя три десятилетия (Плаксина, 2001) отметила относительную редкость тысячеголова («встречается изредка») и приуроченность куколя к посевам яровых культур и редко – к залежам. Можно предполагать, что определенные биологические особенности этих растений вызывают их выпадение в условиях урбосреды, несмотря на приуроченность этих видов к нарушенным местообитаниям.

Ряд видов, не названных в списке Н. Щербиновского, мог остаться им незамеченным либо включился в формирование насаждений за девять десятилетий. Назовем некоторые из них – амброзия трехраздельная *Ambrosia trifida L.*, бородавник обыкновенный *Lapsana communis L.*, галинсога мелкоцветковая *Galinsoga parviflora Cav.*, горец монпелийский *Polygonum monspeliense Thieb. ex Pers.*, горлюха ястребинковая *Picris hieracioides L.*, дурнишник обыкновенный *Xanthium strumarium L.*, дымянка лекарственная *Fumaria officinalis L.*, зюзник европейский *Lycopus europaeus L*, клоповник сорный *Lepidium ruderale L.*, крупка дубравная *Draba nemorosa L.*, латук компасный *Lactuca serriola L.*, латук татарский *Lactuca tatarica (L.) C.A. Mey*, лебеда раскидистая *Atriplex patula L.*, лебеда татарская *Atriplex tatarica L.*, ленец бесприцветничковый *Thesium ebracteatum Hayne*, лютик едкий *Ranunculus acris L.*, марь белая *Chenopodium album L.*, марьянник гребенчатый *Melampyrum cristatum L.*, мелколепестник канадский *Erigeron canadensis L.*, наголоватка васильковая *Jurinea cyanoides (L.) Reichenb.*, недотрога мелкоцветковая *Impatiens parviflora DC*, овсяница луговая *Festuca pratensis Huds.*, окопник лекарственный *Symphytum officinale L.*, ослинник двулетний *Oenothera biennis L.*, пахучка обыкновенная *Clinopodium vulgare L.*, полынь австрийская *Artemisia austriaca Jacq.*, рыжик мелкоплодный *Camelina sativa (L.) Crantz*, скабиоза желтая *Scabiosa ochroleuca L.*, татарник колючий *Onopordum acanthium L.*, циклахена дурнишниколистная *Cyclachaena xanthifolia (Nutt.) Fresen.*, чесночница черешковая *Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande*, эспарцет песчаный *Onobrychis arenaria (Kit.)*, ячмень гривистый *Hordeum jubatum L.* Нами лично было отмечено внедрение на территорию

г. Самары некоторых травянистых видов, которые могли быть занесены различными транспортными средствами. Так, в 1989 г. в Самарском районе города, на насыпи вблизи железнодорожной ветки (вблизи очистных сооружений Пятого производства ЗИМ) были найдены растения эгилопса цилиндрического *Aegilops cylindrical Host.*, который не встречается в насаждениях г. Самары. Начиная с 1994 г. на территории ЦПКиО обнаруживаются растения недотроги мелкоцветковой *Impatiens parviflora DC*, первоначально вблизи берега р. Волги, позднее в тенистых участках парка в склоновой части, в последние годы растения недотроги стали массовыми среди травянистых видов в дендрарии ботанического сада СамГУ. Интересно, что А.Ф.Терехов, 1969, писал о нахождении зарослей недотроги в оврагах Сокольих гор (в то время – загородной территории г. Куйбышева), предположительно занесенной туда случайно, а к настоящему времени данный вид в насаждениях Волжского склона практически не обнаруживается. Далее, на обочине автотрассы у подножия Сокольих гор нами были найдены растения ослинника двулетнего *Oenothera biennis L.*, который является заносным растением и тяготеет к долинам рек (Плаксина, 2001), но для города вне выращивания в культуре не характерен.

Особо отметим древесные виды, которые были интродуцированы в объектах озеленения, но затем смогли натурализоваться в естественных насаждениях: клен американский *Acer negundo L*, вяз мелколистный *Ulmus pumila L*, и, в меньшей степени успешно, – ясень ланцетный *Fraxinus lanceolata Borkh.* Характерно, что клен американский, в естественном ареале заселяющий речные долины и обитающий на тяжелых грунтах (Kimmerer, 1997), в ходе интродукции в лесостепном Поволжье проявил настолько высокую экологическую пластичность, что ныне рассматривается в качестве «древесного сорняка» (Золотухин, Сулига, 1999). Напротив, для лесостепи Сибири (г. Барнаул) данный вид ограничивает присутствие урбосредой и не характерен для территорий, окружающих город (Терехина, 2000).

Некоторые из выявленных нами для окрестностей г. Самары изменений видового состава высших растений обнаружили сходство с ситуацией, которую для окрестностей г. Саратова наблюдали Хмелев и Березуцкий, 1995. Упомянем некоторые из них: исчезновение куколя, горечавки перекрестнолистной, появление в списке ряда видов родов марь, кохия, ячменя гривистого, клена ясенелистного, амброзии трехраздельной, циклахены дурнишниколистной. Если убыль главным образом касалась различных видов, то внедрившиеся виды обнаружили сходство в большей степени. Для территории г. Уфа Л.М. Ишбирдиной и А.Р. Ишбирдиным, 1995, проанализированы из-

менения естественной и синантропной растительности, обозначены изменения флористического состава естественных типов растительности, указаны преобладающие ныне, исчезнувшие и появившиеся сообщества. Отдельные стороны процесса урбанизации, указанные для г. Уфа, в полной мере проявлялись и для условий г. Самары (застройка многоэтажными домами, сокращение частного сектора, уменьшение площадей огородов и увеличение – бетонных и асфальтовых покрытий, возникновение новых (районы новостроек) и сохранение старых местообитаний (огороды, улицы старых районов с одноэтажными домами). Лесные сообщества на плакорах под воздействием антропогенного пресса утратили значительное число красивоцветущих видов, произраставших здесь в 20е годы XX в (ряд видов орхидных, бубенчик лилиелистный, синюха голубая, прострел продырявленный, адонис весенний и др.). Стали исключительно редкими горечавка перекрестнолистная, лилия мартагон, наперстянка крупноцветковая, ветреница лесная. Исчезновение ценных, высоко привлекательных видов природной флоры наблюдалось для степных, луговых, прибрежно-водных сообществ, как и для урбосреды в сибирской лесостепи (Терехина, 2000).

Сопоставление списков, характеризующих насаждения на территории Волжского склона г. Самары в начале и в конце XX в., показало наличие не менее чем 190 общих видов. Исходя из этого, расчет коэффициентов сходства дал значения 0,51 и 0,68 для коэффициентов Жаккара и Чекановского (Песенко, 1982) соответственно. Данные значения, как и сами списки, говорят о достаточно глубоких изменениях, произошедших в растительных сообществах. Определяя в целом насаждения в районе Волжского склона как резидентные, мы попытались охарактеризовать ведущие тенденции изменений их видового состава. Наибольшее число включившихся в насаждения видов относится к сем. Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Apiaceae, Chenopodiaceae, среди «новых» видов достаточно высока доля степных, лесостепных, лугово-лесных видов, что мы можем отнести на счет возрастания мозаичности растительного покрова в условиях разнообразной антропогенной нагрузки. Среди видов, которые вошли в число исчезнувших либо появившихся, можно попытаться назвать, для условий г. Самары и окрестностей, виды, выпадающие в условиях городской среды, и получающие здесь широкое распространение, – урбанофобы и урбанофилы, по терминологии Wittig e.a., 1985. Урбанофобы и урбанофилы характеризуются зональной приуроченностью, определенные виды обнаруживают такие свойства в различных городских экосистемах (Ильминских, 1988).

На основании анализа списков видов растений Волжского склона **к урбанофобам условно можно отнести** такие виды, как горечавка перекре-

стнолистная, ирис сибирский, истод обыкновенный, лилия кудреватая, тюльпан Биберштейна, шпажник черепитчатый. В аспекте фитомониторинга исчезнувшие (резко снизившие численность) виды, проявившие себя как урбанофобы для анализируемых лесостепных условий, можно расценивать в качестве индикаторов слабого уровня антропогенной нагрузки, приуроченные к слабо затронутым природным экосистемам.

Напротив, массовое распространение видов-урбанофилов будет свойственно местообитаниям с нарушенным растительным покровом (техногенным грунтам, отвалам, заброшенным полям и пр.). Внедрение этих видов в естественные сообщества следует рассматривать как свидетельство деструктивного вмешательства антропогенного фактора в функционирование данного насаждения (Таранков, Данг, 1992). Амброзия трехраздельная, дурнишник обыкновенный, клоповник сорный, крупка дубравная, латук компасный, латук татарский, лебеда раскидистая, лебеда татарская, марь белая, мелколепестник канадский, полынь австрийская, рыжик мелкоплодный, циклахена дурнишниколистная, чесночница черешковая, ячмень гривистый для условий городской среды в лесостепном Поволжье (территории г. Самары) могут рассматриваться как **урбанофилы.** Для городских насаждений превалирование видов-урбанофилов будет симптомом негативных изменений, указанием на воздействие избыточно высокой рекреационной нагрузки и т.д.

Придерживаясь традиционных приемов анализа списков видов высших растений и рассматривая парковые насаждения в качестве конкретных флор (для сравнительно малых территорий, где, тем не менее, представлены разные биотопы), мы рассмотрели участие в этих насаждениях видов, принадлежащих к различным семействам, используя насаждения с максимальным числом произрастающих видов природной флоры. Порядок расположения семейств в табл. 3 задан в соответствии с числом видов каждого их них в списке Н. Щербиновского.

Обратим внимание на те семейства, которые за анализируемый отрезок времени увеличили свое представительство в списке видов. Это Сложноцветные (21вид), Злаки (11), Крестоцветные (10), Зонтичные (9), Маревые (7), Губоцветные (5), Гречишные (5), для ряда семейств число видов увеличилось на 1 – 3. Напротив, уменьшилось число видов, которыми на данной территории представлены Лилейные (на 4), Ивовые (на 2), Дербенниковые, Касатиковые, Горечавковые, Льновые, Синюховые – на 1 вид.

Таблица 3

Представленность видов цветковых растений из различных семейств в насаждениях резидентного генезиса в условиях г. Самары

Семейства цветковых растений	Список Н. Щербиновского, 1918		Волжский склон, 1990-2002.		Парк им. Гагарина, 1990 – 2002.	
	Число видов	% / место ведущ. семейств	Число видов	% / место ведущ.семейств	Число видов	% / место ведущ. семейств
1	2	3	4	5	6	7
Сложноцветные	25	**10,9 / I-II**	46	**13,7 / I**	31	**14,6 / I**
Бобовые	25	**10,9 / I-II**	27	**8,1 / II**	18	**8,5 / II**
Губоцветные	20	**8,7 / III**	25	**7,5 / III**	16	**7,5 / III-IV**
Розоцветные	16	**7,0 / IV**	19	**5,7 / V**	12	**5,7 / VI**
Гвоздичные	12	**5,2 / V-VI-VII**	14	**4,2 / VII-VIII**	11	**5,2 / VII**
Злаки	12	**5,2 / V-VI-VII**	23	**6,9 / IV**	16	**7,5 / III-IV**
Лютиковые	12	**5,2 / V-VI-VII**	14	**4,2 / VII-VIII**	7	**3,3 / VIII**
Лилейные	11	**4,8 / VIII**	7	**2,1 / XIII-XIV**	1	0,5
Норичниковые	8	**3,5 / IX**	11	**3,3 / X**	5	**2,4/XII-XIII-XIV**
Бурачниковые	7	**3,0 / X-XI**	8	**2,4 / XI-XII**	5	**2,4/XII-XIII-XIV**
Ивовые	7	**3,0 / X-XI**	5	**1,5 / XV**	6	**2,8 / IX-X-XI**
Крестоцветные	6	**2,6 / XII**	16	**4,8 / VI**	14	**6,6 / V**
Зонтичные	4	1,7	13	**3,9 / IX**	6	**2,8 / IX-X-XI**
Колокольчиковые	4	1,7	6	1,8	2	0,9
Березовые	3	1,3	3	0,9	1	0,5
Мареновые	3	1,3	5	1,5	3	1,4
Пасленовые	3	1,3	3	0,9	2	0,9
Подорожниковые	3	1,3	3	0,9	3	1,4
Фиалковые	3	1,3	5	1,5	2	0,9
Вязовые	2	0,9	3	0,9	2	0,9
Гречишные	2	0,9	7	**2,1 / XIII-XIV**	6	**2,8 / IX-X-XI**
Дербенниковые	2	0,9	1	0,3	1	0,5
Жимолостные	2	0,9	4	1,2	1	0,5
Касатиковые	2	0,9	1	0,3	0	0,0
Кирказоновые	2	0,9	2	0,6	1	0,5
Кленовые	2	0,9	3	0,9	3	1,4
Крушиновые	2	0,9	2	0,6	1	0,5
Мальвовые	2	0,9	3	0,9	3	1,4
Первоцветные	2	0,9	3	0,9	2	0,9
Амарантовые	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Бересклетовые	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Буковые	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Валериановые	1	0,4	1	0,3	0	0,0
Ворсянковые	1	0,4	2	0,6	0	0,0
Вьюнковые	1	0,4	2	0,6	2	0,9
Гераниевые	1	0,4	3	0,9	2	0,9
Горечавковые	1	0,4	0	0,0	0	0,0
Дымянковые	1	0,4	2	0,6	0	0,0
Зверобойные	1	0,4	2	0,6	1	0,5

Продолжение табл. 3.

1	2	3	4	5	6	7
Истодовые	1	0,4	1	0,3	0	0,0
Кипрейные	1	0,4	3	0,9	2	0,9
Коноплевые	1	0,4	2	0,6	1	0,5
Крапивные	1	0,4	2	0,6	2	0,9
Ластовневые	1	0,4	2	0,6	0	0,0
Липовые	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Льновые	1	0,4	0	0,0	0	0,0
Маковые	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Маревые	1	0,4	8	**2,4 / XI-XII**	5	**2,4/XII-XIII-XIV**
Маслинные	1	0,4	1	0,3	1	0,5
Молочайные	1	0,4	3	0,9	2	0,9
Орхидные	1	0,4	2	0,6	0	0,0
Осоковые	1	0,4	5	1,5	3	1,4
Синюховые	1	0,4	0	0,0	0	0,0
Толстянковые	1	0,4	2	0,6	0	0,0
Частуховые	1	0,4	0	0,0	1	0,5
Бальзаминовые	0	0,0	1	0,3	1	0,5
Повиликовые	0	0,0	1	0,3	1	0,5
Рогозовые	0	0,0	2	0,6	1	0,5
Санталовые	0	0,0	1	0,3	0	0,0
Ситниковые	0	0,0	0	0,0	1	0,5
Число видов	230		335		212	
Число семейств	55		55		48	

Примечание. В таблице выделены показатели, относящиеся к ведущим семействам, и указаны их места (Толмачев, 1974).

Исходный список Н. Щербиновского указывает на принадлежность к группе ведущих семейств: Бобовые, Сложноцветные, Губоцветные, Розоцветные, Гвоздичные, Злаки, Лютиковые, Лилейные, Норичниковые, Бурачниковые, Ивовые, Крестоцветные. Спустя 90 лет для данной территории статус ведущих утрачивают Лилейные (Парк им. Гагарина), приобретают Зонтичные, Гречишные, Маревые. В сравнении с насаждениями Волжского склона, крупнейшее парковое насаждение с резидентными фрагментами, парк им. Гагарина, характеризуется тем же перечнем ведущих семейств, но с несколько иным порядком их расположения. Прослеживается снижение доли однодольных растений, что является общей тенденцией во флоре урбанизированных территорий по сравнению с природными (Ильминских, 1982; Хмелев, Березуцкий, 1995; Березуцкий, 1999, Борисова, 2002).

Для обнаружения изменений видового состава и систематической структуры резидентных насаждений в условиях антропогенной нагрузки достаточно более краткого периода времени, чем имел место в случае

Волжского склона (от 50 до 70-80 лет), причем изменения могут быть вызваны интенсивным антропогенным загрязнением и рекреационным использованием (например, Freedman, Hutchinson, 1980; Tompasz, Mierzeńska, 1990; Болдырев, 1995; Болдырев и др., 2001). Так, для лесов Украины в условиях антропогенного воздействия (рубка, выпас, вытаптывание, рекреация) отмечались упрощение структуры лесов, их флористическое обеднение (Шеляг-Сосонко, и др., 1985). В первую очередь происходили утрата ценных и редких тенелюбивых видов (орхидных, папоротников, лилейных), которые сохранялись лишь в наиболее затененных локусах насаждений. Рудеральные виды (в южных районах – *Artemisia absinthium L., Carduus crispus L.*, виды *Chenopodium L.* и другие) внедрялись на участки с нарушенным покровом, постепенно расширяя свое присутствие.

Выпас скота в лесах приводит к изменению состава подлеска, а затем – его выпадению, резкому обеднению травостоя, уничтожению подстилки. Уплотнение и иссушение почвы из-за увеличения инсоляции вызывают выпадение лесных видов, которые замещаются сравнительно немногочисленными степными, луговыми, сорными, среди которых ведущее место занимают злаки (Шеляг-Сосонко и др., 1985). С другой стороны, известны примеры сохранения лесных растительных комплексов в границах территории крупных индустриальных центров при условии сдерживания антропогенной нагрузки на них. Так, на территории г. Киева урочище «Лысая гора» более 100 лет (1873-1976 гг) было исключено из сферы хозяйственного влияния, закрытый режим урочища способствовал сохранению естественной флоры и растительности, что сделало его уникальным явлением для крупных городов Европы. Таким путем в черте г. Киева, в его геометрическом центре, сохранились комплексы лесной неморальной и степной флор. Этот участок лесостепной растительности может служить эталоном для перманентного изучения функционирования экосистемы в условиях интенсивного антропогенного воздействия (Чопик и др., 1986). Таким образом, само включение в пределы городской территории еще не означает обязательной деградации растительных сообществ. Насаждения в урбосреде образуют ряды, в которых происходят возрастание антропогенной нагрузки и снижение сходства с природными растительными сообществами, что соответствует переходу от резидентных к креационным и волюнтарным насаждениям.

Списки видов высших растений, отмечавшихся в составе различных типов насаждений в г. Самаре, были наиболее обширными для крупных и мозаичных по набору биотопов парковых насаждений резидентного генезиса, среди которых естественным образом лидировала территория Волж-

ского склона, не только наиболее обширная территориально, но и достаточно мозаичная биотопически. Мы уже отмечали выше, что по сравнению с данными 1916 г. число видов на практически той же территории (Волжский склон) возросло почти на 100, достигнув 340. Для парковых массивов внутри городской территории обнаруживалось произрастание от 213 до 66 видов высших растений, без учета интродуцентов. В то же время в составе уличных насаждений с неизменностью присутствовало от 15 до 25 видов высших растений, высоко устойчивых к комплексу условий урбосреды. Не акцентируя внимание на древесных растениях, которые в большинстве случаев в уличных насаждениях высаживаются человеком специально, остановимся на травянистых растениях. Так, среди видов, постоянно обнаруживаемых в составе травостоя уличных насаждений г. Самары, мы можем назвать: вьюнок полевой, горец птичий, клевер гибридный, лопух паутинистый, марь белую, мятлик луговой, одуванчик лекарственный, пастушью сумку обыкновенную, подорожник средний, ромашку непахучую, цикорий обыкновенный. Эти виды мы можем, согласно шкале Я.П. Дидуха, отнести к высоко- или особоактивным (Дидух, 1982). Характерно, что многие из названных видов отмечаются в той же категории активности для г. Уфа, где наряду с другими определяют облик часто встречающихся городских рудеральных местообитаний (Ишбирдина, Ишбирдин, 1993).

Интересно заметить, что и вне городской территории, в условиях высокой антропогенной нагрузки (скашивания и выпаса скота) травянистые сообщества лугов, проходя последовательные стадии трансформации, на завершающем (четвертом) уровне синантропизации демонстрировали преобладание однолетников (в массе – горец птичий, ромашка непахучая, пастушья сумка) и розеточных многолетников (одуванчик лекарственный, подорожники средний и большой) (Горчаковский, Абрамчук, 1988, 1944).

Сохранение в черте города фрагментов естественной растительности обеспечивает присутствие во флоре города многих лесных, болотных, прибрежно-водных растений, малоустойчивых к воздействию антропогенного фактора (Антипина и др., 1996). Укажем, что в данном случае лишь фрагменты парков им. Гагарина и им. Горького могут восприниматься как насаждения с резидентным характером генезиса, тогда как парки им. ВЛКСМ, Дружбы и Струковский сад представлены насаждениями креационного характера. Совмещение в анализе данных, относящихся к различным по характеру генезиса насаждениям, должно было помочь в более отчетливом выявлении тесноты связей данных сугубо локальных флор, пространственно включенных в территорию одного города либо тесно к ней

примыкающих. Разумеется, анализируемые нами насаждения ввиду ограниченности занимаемой ими территории лишь условно можно рассматривать как некие конкретные флоры (Уранов, 1966; Толмачев, 1974; Малышев, 1975). Однако данном случае мы исходим из двоякого понимания данного термина (Малышев, 1991), предлагающего представлять конкретную флору как наименьшую единицу флористического районирования, либо рассматривать ее в качестве небольшой территории, выбранной для детального флористического обследования в качестве репрезентативного эталонного участка. Принципы, на которых должно базироваться количественное сравнение флор, подразумевают приблизительное территориальное равенство, ограниченный размер территории и достаточно высокий уровень флористической изученности (Толмачев, 1974, 1986; Плаксина, 2003). Мы отступаем от этих принципов, допуская сравнение территорий довольно небольшой и неравной площади, хотя в принципе это площади одного порядка.

Считая порядок ведущих семейств, составленных для списка Н.Щербиновского, исходным, мы провели попарное определение рангов и рассчитали для сочетаний флор коэффициенты ранговой корреляции Кэнделя (Шмидт, 1980) по формуле:

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)}$$

где **τ** – коэффициент Кендэля, **S** – сумма рангов в каждой строке, **n** – число выделенных ведущих семейств (Шмидт, 1980).

Для наглядности представления результатов в качестве графической формы был использован корреляционный цилиндр с разрезами на трех уровнях (порогах) сходства, – тип неориентированного графа, который П.В. Терентьев предлагал для отображения более одной связи каждого объекта с другими (Песенко, 1982). Насаждения парка им. Горького (Загородный парк) обнаружили такой же характер связи с парками креационного характера (парки Дружбы, им. 50 лет ВЛКСМ). Сходство порядка ведущих семейств достигало высокой тесноты (0.7) лишь в отдельных случаях, объединяя пары насаждений (список Щербиновского – Волжский склон, Волжский склон – парк Горького, парк им. Гагарина – парк им. Горького, парк им. Горького – парк Дружбы). Парк им. 50 лет ВЛКСМ не показал тесного сходства видового состава ни с одним из насаждений, что является следствием креационного происхождения (рис.9). На уровне слабой тесноты корреляционной связи (≤0.3) порядок ведущих семейств обнаружил сходство у насаждений всех типов генезиса. Связь средней тесноты (≤0.5)

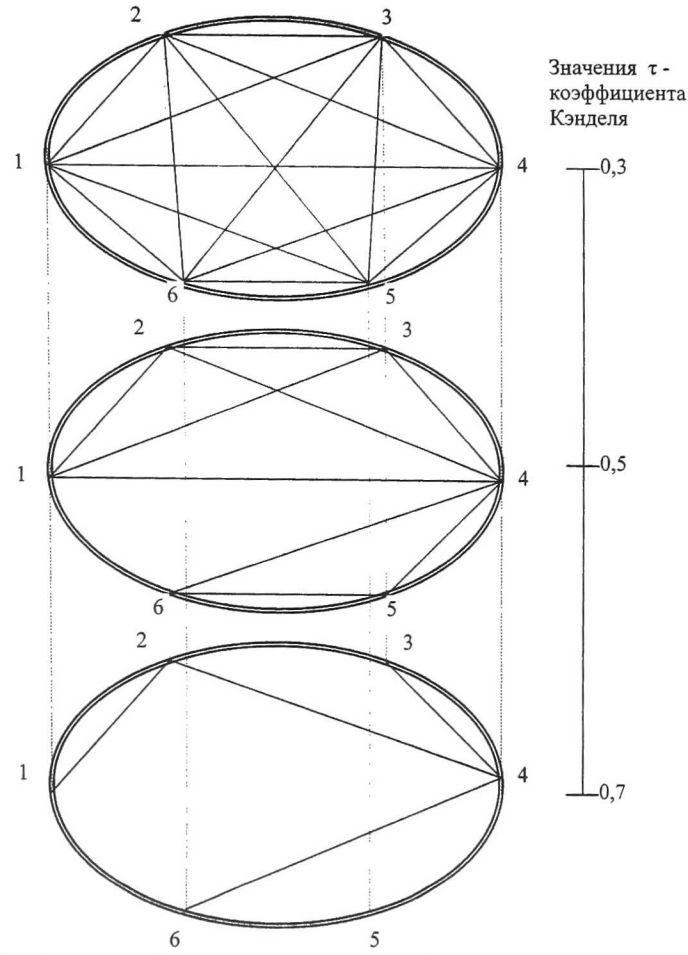


Рис. 9. Корреляционный цилиндр для трех уровней степени сходства систематической структуры некоторых насаждений г. Самары

Обозначение насаждений: 1 – список Н.Щербиновского, 1918, 2 – Волжский склон, 3 – парк им. Гагарина, 4 – парк им. Горького, 5 – парк им. 50 лет ВЛКСМ, 6 – парк Дружбы.

была продемонстрирована для «исходных» насаждений (список Щербиновского), насаждений Волжского склона и парковых массивов резидентного генезиса.

Кластерный анализ данных был выполнен нами в системе STATISTICA в трех вариантах – для списков видов, числа видов, принадлежащих различным семействам, и доли участия (%) в общем списке видов различных семейств. В соответствии со списками видов объединенными в обособленные

кластеры оказались насаждения на Волжском склоне в начале и конце XX в, парки резидентного насаждения, парки креационного генезиса. Неожиданно к последним присоединился фрагмент лесного насаждения, что могло быть следствием высокой рекреационной нагрузки и, как следствие, деградации последнего. По числу видов, относящихся к различным семействам, список 1916 г. и современный состав флоры Волжского склона оказались достаточно различными, сходство между собой обнаружили парки резидентного (кластер 1) и креационного (кластер 2) генезиса. Что касается доли участия (вклада различных семейств), насаждения сформировали один компактный кластер, в который вошли два парка креационного генезиса.

Анализ видовых списков растительности насаждений с помощью примененных нами методов позволил наглядно продемонстрировать сходство/различие их таксономической структуры. Подобный подход может быть применен для оценки уровня соответствия лесопарков, рекреационных зон естественным насаждениям.

4.3. Некоторые тенденции изменения экоморфной структуры городских насаждений различного генезиса

Хорошо известно, что на урбанизированных территориях изменяются все элементы среды – атмосфера, почва, гидрологическая сеть, растительный и животный мир (Ильминских, 1982, 1993; Бурда, 1991; Горышина, 1991; Мартыненко,1996). Интересно пронаблюдать, как это выражается при сопоставлении насаждений, испытывающих на себе неодинаковый уровень антропогенной нагрузки. Мы проанализировали с точки зрения представленности в них различных жизненных форм (экоморф) списки видов, зафиксированные для насаждений различного генезиса и локализации на территории г. Самары. Одной из традиционно используемых систем жизненных форм, несомненно, является система Раункиера[1], к которой мы сначала обратимся (Raunkiaer, 1934).

---

[1] Жизненные формы Раункиера характеризуются по степени защищенности почек возобновления в зимной период: фанерофиты – почки возобновления находятся высоко над поверхностью почвы и защищены только почечными чешуями, хамефиты – почки возобновления находятся невысоко над поверхностью почвы в непосредственной близости от нее и защищены только почечными чешуями и снежным покровом, гемикриптофиты – почки возобновления на зимующих органах находятся на уровне почвы и защищены почечными чешуями, опадом, подстилкой и снежным покровом, криптофиты – почки возобновления находятся на некоторой глубине в почве на луковицах, клубнях, корневищах, защищены слоем почвы, опадом, подстилкой и снежным покровом, терофиты – почка возобновления находится в зародыше семени. Криптофиты делятся на сухопутные (геофиты), болотные (гелофиты и водные (гидрофиты) (Шенников, 1964; Воронов, 1973; Ипатов, Кирикова, 1999).

Изменения спектра жизненных форм Раункиера в ряду «резидентные – креационные насаждения» для лесостепных условий г. Самары обнаружили достаточно тесное сходство с ситуацией, которую для насаждений г. Саратова наблюдали Хмелев и Березуцкий, 1995. Так, при антропогенной нагрузке, по Хмелеву и Березуцкому, в первую очередь снижению численности подвергались хамефиты, в наименьшей степени были затронуты фанерофиты. Уязвимость хамефитов, по мнению авторов, следует связывать не с их собственной уязвимостью, а с приуроченностью к весьма легко нарушаемым известняковым и песчаным обнажениям.

Фанерофиты, отличаясь достаточно высокой механической прочностью и долговечностью, должны были обладать преимуществами в условиях запрета (ограничения) рубки леса.

Гемикриптофиты и криптофиты обнаружили уязвимость в урбосреде, поскольку при уплотнении почвы, сопряженном с антропогенным воздействием, затруднено развитие почек возобновления, подвергающихся механическому воздействию в поверхностном слое почвы либо заглубленных в почву. Таким путем, например, оказываются затронутыми эфемероиды, выпадающие из сообществ под воздействием рекреации (Злобин, Чумакова, 1986).

Это в полной мере проявлялось и для условий г. Самары, где в парковых массивах внутри города редки – в резидентных либо отсутствуют – в креационных насаждениях луковичные и клубневые эфемероиды – геофиты, массовые в пригородных лесных массивах (ветреница лютичная, гусиный лук, хохлатка плотная и др). В наших насаждениях слабо прослеживалась тенденция к увеличению доли терофитов-однолетников, неоднократно отмеченная в ряду общих тенденций во флоре урбанизированных территорий (Бурда, 1991; Мартыненко, 1994; Антипина и др., 1996) (рис. 10).

Мы сознательно отступаем от некоторых канонов, используемых при сопоставлении растительных группировок, чтобы отчетливее обнаружить тенденции развития насаждений в урбосреде. Эти тенденции в целом вполне предсказуемы, поскольку условия городской среды обладают рядом общих черт, проявляющихся вне зависимости от природно-климатических условий района исследований. Мы имеем дело с их проявлением в урбосреде в условиях лесостепи, для города, претерпевшего наиболее быстрый территориальный и индустриальный рост за последнее столетие.

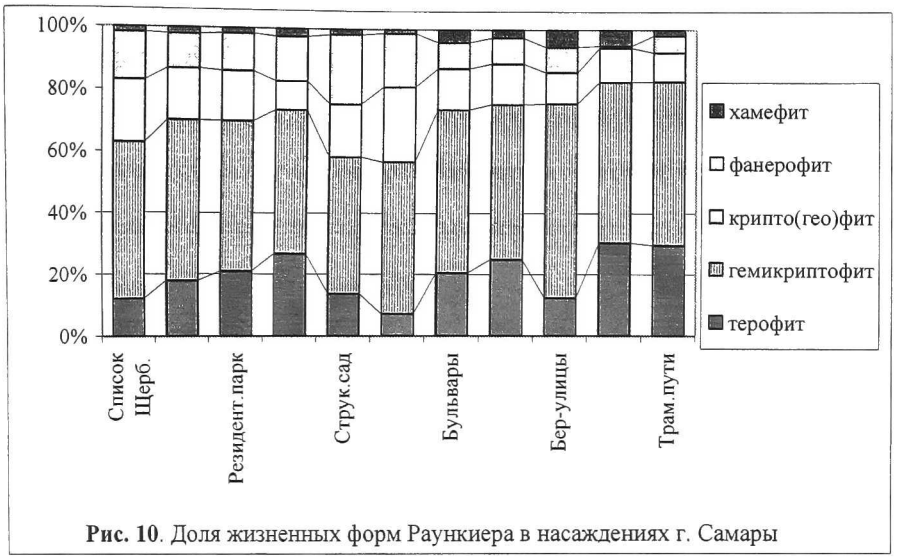


Рис. 10. Доля жизненных форм Раункиера в насаждениях г. Самары

Следующей системой экоморф, которой мы воспользовались для анализа изменений ситуации в насаждениях, была система экоморф А.Л. Бельгарда, 1950, разработанная для условий степной зоны. В ней выделяются по отношению к сообществу в целом ценоморфы (сильванты Sil, степанты St, пратанты Pr, палюданты Pal, рудеранты Ru), к световому режиму – гелиоморфы (гелиофиты He, сциогелиофиты ScHe, гелиосциофиты HeSc, сциофиты Sc), по отношению к солевому режиму или трофности почвы трофоморфы (олиготрофы OgTr, мезотрофы MsTr, мегатрофы MgTr), по отношению к режиму почвенного увлажнения гигроморфы (ксерофиты Ks, мезоксерофиты MsKs, ксеромезофиты KsMs, мезофиты Ms, гигромезофиты HgrMs, мезогигрофиты MsHgr, гигрофиты Hgr, ультрагигрофиты UHgr), по отношению к тепловому режиму – термоморфы, к климату – климаморфы. Список видов с указанием принадлежности к соответствующей экоморфам впоследствие был существенно расширен и успешно применен к анализу ситуации в насаждениях учениками А.Л. Бельгарда, (Альбицкая, 1960; Тарасов, 1981; Матвеев, 1995; Матвеев и др., 1995; Матвеев, 2001).

На фоне общего снижения числа видов, от парковых резидентных к уличным насаждениям (для сравнения показаны волюнтарные группировки на путях рельсового транспорта), в урбосреде происходило обеднение ценоморфного спектра – выпадение болотных (Pal), в отдельных случаях – лугово-степных (SilPr) и других видов (рис. 11). Важнейшими условиями формирования полного спектра ценоморфного состава являются, очевид-

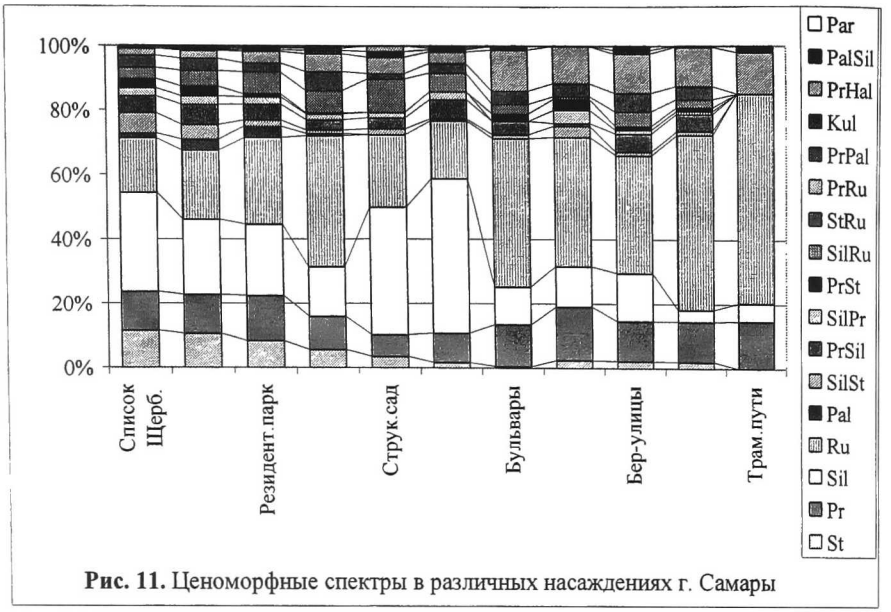


Рис. 11. Ценоморфные спектры в различных насаждениях г. Самары

но, достаточные размеры территории и присутствие в насаждении разнообразных биотопов (исходный список Щербиновского, Волжский склон, парки резидентного генезиса). Однако даже при соблюдении этих условий высокие уровни техногенного загрязнения и рекреационной нагрузки способствовали развитию ценоморфного спектра «в обедненном варианте», что было свойственно паркам креационного генезиса.

Другой тенденцией, которую обнаруживали ценоморфные спектры, являлось возрастание доли сорных (Ru) и переходно-сорных видов (SilRu, StRu, PrRu). Доля этих видов, приуроченных к нарушенным в различной мере растительным сообществам, возрастало от 26% (список Щербиновского) до 32-40% (Волжский склон, парки резидентного генезиса) и достигает 70-80% в креационно-волюнтарных (улицы) и волюнтарных насаждениях. Можно говорить об унификации списков видов, волюнтарно включающихся в насаждения, как среди травянистых растений, так и среди древесных сорняков (клен ясенелистный). Еще одной важной тенденцией, выявлявшейся при анализе экоморфного состава растительности, являлась определенная стандартизация гигроморфного спектра.

В значительной мере это объяснялось антропогенной трансформацией геолого-почвенной среды, преобразованием рельефа, замещением почвенного покрова насыпными грунтами (креационные насаждения) либо асфальтовыми покрытиями. Так, среди гигроморф непосредственно в урбос-

реде сокращению подвергалась группа более влаголюбивых растений (MsHgr, Hgr, Uhgr), которые практически в равных долях были представлены в исходном списке начала XX в, насаждениях Волжского склона и парках резидентного генезиса, и практически исчезали – в креационно-волюнтарных и волюнтарных насаждениях на улицах города и транспортных путях, за исключением окрестностей мелких водоемов.

Ксерофитизация городской флоры, отмеченная как явление не только для южных, но и для северных городов России (Ильминских, 1993; Ишбирдина, Ишбирдин,1993; Антипина и др., 1996), оказалась свойственна и городской среде лесостепи.

Анализ спектров трофоморф, выделяемых по отношению к уровню почвенного плодородия, продемонстрировал снижение доли, а в ряде случаев – и выпадение видов, нетребовательных к почвенному плодородию (OgTr). Данные изменения, могут быть связаны с биогенным загрязнением либо являться следствием использования насыпного грунта, развития почвенной эрозии (смыва и намыва богатых гумусом частиц почвы).

Используя балльные оценки видов по шкалам Д.Н. Цыганова, 1983, мы дали среднюю оценку условий в насаждениях по ведущим экологическим факторам и построили гистограммы, характеризующие распределение видов в соответствии со значениями их экологических оптимумов. Для различных парковых насаждений и территории Волжского склона, в сравнении со списками Н.Щербиновского, были получены практически одинаковые данные для критериев температурного, водного, светового режимов. Слабые тенденции к возрастанию обнаружили показатели солевого режима почв и уровня азота, показатель реакции почвенного раствора слабо снизился. Это может указывать на возможность, при обеспечении соответствующих мер охраны, реинтродукции в насаждения видов – ценных компонентов биологического разнообразия, произраставших здесь в начале XX в. и утраченных в результате высокой антропогенной нагрузки. Однако использование только средних показателей балльной оценки условий в насаждениях, как оказалось, резко сужало возможности анализа. В этом плане более интересным стало именно построение графиков распределений, отражающих представленность в насаждениях видов, имеющих различный уровень экологического оптимума, в процентном исчислении для каждого насаждения (рис. 12). Визуально выявляемый переход от исходного одновершинного распределения к двувершинному в современных резидентных и особенно – креационных насаждениях требовал оценки достоверности различий между ними, для чего был применен критерий χ^2 (Зайцев, 1984). Сравнив попарно с ситуацией, описанной для начала XXв. Н. Щербинов-

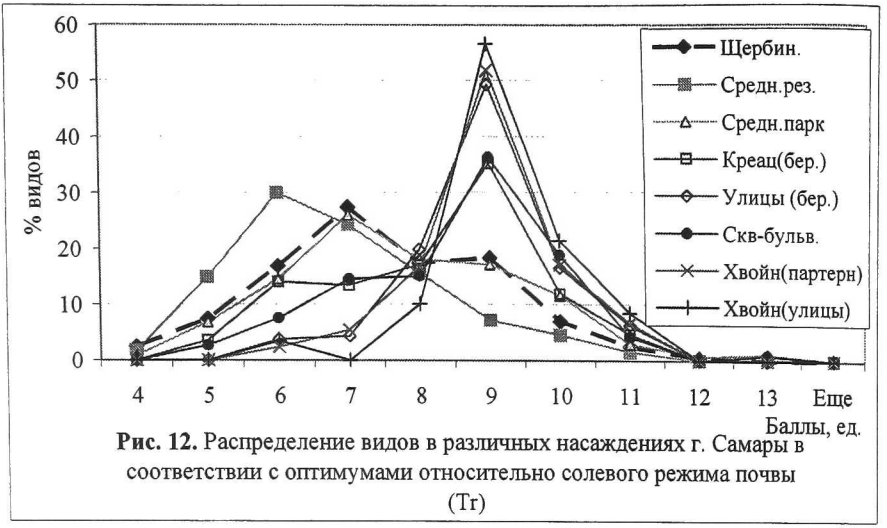


Рис. 12. Распределение видов в различных насаждениях г. Самары в соответствии с оптимумами относительно солевого режима почвы (Tr)

ским распределения видов в отдельных парковых насаждениях, выявили достоверные изменения условий в «современных» насаждениях для водного режима (Hd), в ряде насаждений – уровня азота (Nt), в отдельных случаях – контрастности увлажнения почвы (fH) и освещенности (Lc). То, что основные свойства эдафона (Tr, Rc) остались практически неизменными, можно рассматривать как перспективу возможной реинтродукции в насаждения Волжского склона ряда ценных видов, практически исчезнувших здесь к настоящему времени.

Естественно, что условием такой реинтродукции является соблюдение определенных мер охраны местообитаний, в которые будут подсеваться (высаживаться) растения. Таким образом, в ряду: резидентные насаждения – креационные насаждения – волюнтарные насаждения для условий урбосреды г. Самары можно говорить не только об обеднении видового состава, но и об определенном упрощении ценоморфных, гигроморфных и трофоморфных спектров, соответствующих растительности этих насаждений.

4.4. Биоиндикационная значимость видового состава насаждений креационного (креационно-волюнтарного) происхождения

Говоря о насаждениях креационного (креационно-волюнтарного) происхождения, мы уже отмечали специфику формирования их видового состава. Древесные и кустарниковые компоненты данных насаждений, как правило, привносятся сюда человеком и в силу этого могут оказаться в местообитаниях, не вполне соответствующих экологическому оптимуму дан-

ных видов. Среди аборигенных видов, свойственных естественным насаждениям данного природно-географического района, будут широко представлены интродуценты, внедряющиеся в насаждения урбанизированных территорий в результате преднамеренной и случайной интродукции. Так, на территории г. Москвы выявлено более 1000 видов растений (Экология Москвы..., 1998), причем в пределах кольцевой автодороги здесь встречается не менее 900 видов (Швецов, 1988). Из этого числа 366 видов представляют деревья и кустарники, но лишь 43 вида из них относится к аборигенам. Что касается г. Самары, согласно данным С.А.Розно, 1986, здесь установлено произрастание 164 видов и форм древесных растений, принадлежащих к 26 семействам и 64 родам. Из названного числа видов 37 являются местными, 127 – интродуценты из других природно-географических районов. До 38% древесных и кустарниковых интродуцентов происходит из западной Европы, 21% имеет североамериканское происхождение, равные доли (по 11%) представляют виды из Сибири и Дальнего Востока, 8% – Средней и Малой Азии. Оставшаяся часть видов происходит из Средиземноморья либо представлена формами (сортами) культурного происхождения. В то же время в составе уличных насаждений (без учета интродуцентов) неизменно присутствовало около 20 видов высших растений, устойчивых к комплексу условий урбосреды.

Мы полагаем, что волюнтарно сформировавшийся в различных типах городских насаждений травостой может рассматриваться как источник информации о напряженности ведущих экологических факторов. Сопоставление полученных данных с оценкой экологических оптимумов древесных либо кустарниковых растений по тем же шкалам открывает новые, неожиданные возможности для понимания ситуаций экологического дискомфорта древесных растений в городских насаждениях в условиях лесостепи.

В креационно-волюнтарных насаждениях древесные растения, как правило, подбираются и размещаются произвольно, поэтому здесь могут быть широко представлены виды-интродуценты (Якушина,1982; Розно, Потапов, 1991; Экология Москвы, 1998). Включение их в насаждения за пределами районов естественного обитания может ставить под вопрос само успешное существование этих растений. Для вынесения заключения о возможности устойчивого роста и развития интродуцента в новых природных условиях необходимо проведение многолетних наблюдений. В случае высокой изменчивости погодных условий в разные годы (с чем мы, например, сталкиваемся в континентальном климате лесостепи) прогноз результатов интродукции становится еще более затруднительным. Мы предлагаем в качестве вспомогательного приема проводить сравнение экологических характери-

стик вида-интродуцента (креационного компонента насаждения) и естественно сформировавшегося данном насаждении травостоя (волюнтарный компонент насаждения). Сопоставление полученных результатов в ряде случаев обнаружит заметные расхождения условий в насаждениях с показателями экологического оптимума произрастающих здесь древесных растений. В подобном случае вполне правомерно, на наш взгляд, говорить о возникновении определенного экологического дискомфорта, испытываемого древесным видом. Меру возникающего экологического дискомфорта можно оценивать с помощью несложной формулы (Кавеленова, Матвеев, Розно, 2002), основанной на использовании одного из вариантов количественных балльных шкал, например, экологических шкал Д.Н. Цыганова, 1983. Продемонстрируем ее использование для некоторых древесных видов, произрастающих в насаждениях г. Самары.

Для насаждений, служивших пунктами сбора фактической информации, проводили оценку состояния почвенного покрова, особенности положения в рельефе, микроклимата, уровня техногенного загрязнения, определяли видовой состав травянистых растений в сформировавшемся естественным путем травостое. Полученные списки видов были использованы для оценки условий насаждений на территории г. Самары (переходная полоса от южной лесостепи к зоне настоящих степей) в отношении различных экологических режимов по шкалам Д.Н. Цыганова (1983): термоклиматического (Tm), увлажнения почв (Hd), переменности увлажнения почв (fH), кислотности почв (Rc), солевого режима почв (Tr), богатства почв азотом (Nt) и освещенности – затенения (Lc). Выявленные таким образом экологические характеристики насаждений («экологическое пространство», в котором древесные виды находились в местных условиях) сравнивали с характеристиками исследуемых древесных видов в зоне их экологического оптимума, оцененного Д.Н. Цыгановым для условий хвойно-широколиственных лесов. Как экологический оптимум, так и экологическое пространство характеризовали, используя расчет соответствующих средних значений. Показатель экологического дискомфорта (**ПЭД**) рассчитывали как меру несоответствия между экологическим ареалом и экологическим пространством:

$$\textbf{ПЭД, \% = 100\%*(A – B)/A,}$$

где **A** – значение фактора в экологическом ареале (оптимум для конкретного вида), B – значение этого же фактора в условиях исследуемого насаждения. Пример результатов расчета ПЭД для одного из интродуцированных видов древесных растений в условиях лесостепи (насаждения г. Самары) представлен на рис. 13.

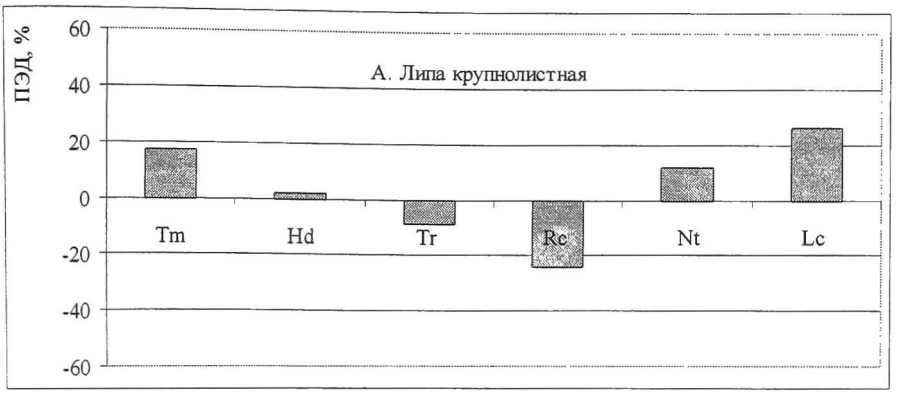


Рис.13. Результаты оценки потенциального экологического дискомфорта (ПЭД) липы крупнолистной в насаждениях г. Самары.[1]

В зависимости от того, избыточно либо недостаточно значение фактора в экологическом пространстве по сравнению с экологическим ареалом вида, ПЭД может принимать как положительное, так и отрицательное значение. При положительном значение ПЭД экологический оптимум вида оказывается выше, чем значения фактора в данном местообитании (уровень воздействия фактора недостаточен). Напротив, при ПЭД<0 уровень воздействия конкретного фактора в насаждении выше, чем значение экологического оптимума вида (уровень воздействия фактора избыточен). Невысокий уровень экологического дискомфорта по всем факторам означает приблизительное соответствие экологической валентности вида местным условиям, а выраженный дискомфорт по ряду факторов указывает на наиболее существенные особенности местообитания, затрудняющие существование данного вида в конкретных условиях. В качестве примера приведем результаты, полученные при расчете ПЭД для широколиственных видов-интродуцентов, представленных в различных насаждениях г. Самары. Интродуцент североамериканского происхождения ясень ланцетный (зеленый) в местных условиях сталкивается с дефицитом тепла, почвенного увлажнения, доступного азота в почве, а уровень освещения в насаждениях г. Самары для него избыточен.

Липа крупнолистная в естественном ареале произрастает в Западной и Центральной Европе. В условиях лесостепи Среднего Поволжья экологический дискомфорт для данного вида вызывается некоторым дефицитом тепла и доступного азота в почве, тогда как ее потребности в почвенном увлажнении и солевом режиме почвы практически соответствуют местно-

[1] Экологические факторы обозначены в соответствии со шкалами Д.Н.Цыганова, 1983.

му экологическому пространству. Широко используемый в озеленении населенных мест конский каштан, происходящий из южных районов Балканского полуострова, в условиях наших городских парковых насаждений сталкивается с большим дефицитом тепла и влаги, чем два предыдущих вида. Он вписывается в местный солевой режим почвы и может переносить уровень соединений азота и реакцию почвенного раствора в условиях лесостепи. Для хвойных растений в условиях перехода к степи оказываются избыточными значения солевого режима, pH и насыщенности почв азотом, термоклиматического режима (ПЭД<0), недостаточен уровень увлажнения (ПЭД >0).

На фоне этих общих тенденций отчетливо проявляются видовые различия. Так, интродуцент из Северной Америки ель колючая по отношению к местным условиям характеризуется заметно меньшим уровнем экологического дискомфорта, чем сосна обыкновенная либо ель европейская.

Предлагаемая нами формула может быть использована для прогноза перспектив вида-интродуцента в новых природно-климатических условиях. Для уже существующих насаждений анализ ситуации с помощью ПЭД позволяет оценить соответствие экологической валентности древесного вида местному экологическому пространству и выработать комплекс агротехнических мероприятий, обеспечивающих устойчивость насаждений. Можно использовать подобные расчеты для выявления наиболее острых составляющих экологического дискомфорта, для оценки перспективности реинтродукции местных видов в сообщества, где они произрастали ранее и исчезли под давлением антропогенного фактора. Основное условие, при котором эффективно применение данной формулы, – возможность оценки как условий, существующих в насаждении, и экологических потребностей анализируемых видов с помощью соответствующих балльных шкал с достаточно широким размахом варьирования.

Таким образом, организация мониторинговых исследований в городских насаждениях в качестве исходного момента должна опираться на выяснение происхождения этих насаждений. Это позволяет вчерне наметить фрагменты городских и пригородных насаждений, которые в будущем сформируют каркас системы фитомониторинга. Для полноты картины необходимо, чтобы пробные площади были представлены в насаждениях всех типов генезиса. Следующим этапом исследований должно быть изучение видового состава растительности каждого из выбранных насаждений. Далее в соответствии с типом происхождения будет определена программа проведения наблюдений в пределах каждого модельного насаждения.

В случае резидентного (резидентно-волюнтарного) характера генезиса общий видовой состав насаждения следует использовать для анализа экологических условий, для оценки тенденций развития (изменения) данных растительных сообществ в условиях антропогенного воздействия. Древесные, кустарниковые, травянистые компоненты этих насаждений в дальнейшем могут оцениваться с позиций жизненного состояния, структурно – функциональных особенностей в связи с особенностями условий обитания. Для насаждений креационного (креационно-волюнтарного) генезиса после оценки общего видового состава следует вычленить виды, составляющие травостой. Именно этот компонент насаждения, наиболее полно соответствующий совокупности условий местообитания, должен быть использован для оценки ведущих экологических факторов, определения меры рудерализации сообщества. Древесные и кустарниковые растения данного насаждения следует рассматривать как материал для изучения структурно-функциональных особенностей растений, оценки их жизненного состояния. Различия видового и экоморфного состава насаждений с разными локализацией, генезисом, уровнем техногенной и рекреационной нагрузки мы предлагаем использовать в фитомониторинге урбосреды для отслеживания тенденций пространственно-временных изменений растительности, экологического зонирования городской территории, некоторые результаты которого будут показаны далее.

Что касается индикации с применением отдельных видов, в условиях городской среды она сохраняет свое значение для видов, самопроизвольно вселяющихся в насаждения. «Хрестоматийные» в фитоиндикационном отношении виды с характерными особенностями экологической амплитуды по отношению к реакции почвенного раствора, трофности почвы, иным свойствам субстрата или гидрологического режима, формируя локальные скопления, будут указывать на специфический характер местообитаний[1]. Для видов, которые в данных природно-климатических условиях проявили

---

[1] Например, волюнтарные заросли мегатрофа (нитрофила) крапивы двудомной, существуя на пустырях и в нарушенных местообитаниях, свидетельствуют о высоком уровне биогенного загрязнения почвогрунта, повышенном фоне доступных растениям соединений азота в почве. Другим примером может быть произрастание рогоза узколистного и рогоза широколистного, обнаруженное нами в районе Дубовой Рощи (верхняя часть Волжского склона) в непосредственной близости от ул. Ново-Садовой, которое служит индикатором близкого залегания грунтовых вод. Поскольку об этом местообитании не упоминает в своей работе Н.Щербиновский, 1919, можно предположить, что мы имеем дело со сравнительно недавним нарушением гидрологического режима вследствие прокладки подземных коммуникаций, работ по формированию (реконструкции) автодороги. Рогоз и иные влаголюбивые виды будут приурочены к сходным гидрологическим условиям на участках внутри городской территории.

себя как урбанофобы, естественное произрастание укажет на крайне слабое воздействие антропогенного фактора в данном участке.

Мы должны упомянуть еще один, не использованный нами, аспект индикации условий урбосреды, – с помощью растительных ассоциаций, в первую очередь, – рудеральной растительности. Данное направление плодотворно разрабатывается ботаниками Башкирии (Миркин, 1984; Ишбирдин и др., 1988; Сахапов и др., 1991). Информативность данного подхода несомненна. Однако применение синтаксономического анализа требует высокой квалифицированных специалистов уже на стадии сбора первичной информации, поэтому его использование на уровне учебно-исследовательского фитомониторинга будет иметь ограниченный характер.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ В УРБОСРЕДЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ

Основным предметом наших наблюдений служили высшие растения, однако в данной главе будут представлены некоторые результаты, относящиеся к лишайникам. Выполненные на основе анализа лихенокомплексов естественных и урбанизированных территорий работы целого ряда исследователей хорошо известны для стран Северной Америки, Западной Европы (LeBlanc, De Sloover, 1970; Johnsen, Sochting, 1973; Johnson, 1979; Farkas e.a., 1985), Прибалтики, есть опыт подобных исследований в России (например, Мартин, 1978, Голубкова, Малышева, 1978; Тютюнник, 1987; Байрак, 1988, Закутнова, 1988, Бязров, 1992; Сидоренко, 1994; Шустов, Шустов, 1994; Михайлова, Воробейчик, 1995; Мучник, 1996; Пауков, 1998; Байбаков, 2003).

Следует отметить, что **использование лишайников как объектов биомониторинга обнаруживает два отчетливых направления. В качестве первого, традиционного подхода** при проведении лихеноиндикационного исследования чаще всего используются показатели видового состава произрастающих лишайников и их обилия (Hawsworth, Rose, 1970; Herzig, 1989; Lawrey, Hale, 1979; Горшков, 1992). Однако в результате длительного и интенсивного воздействия атмосферного загрязнения многие крупные промышленные центры стали в настоящее время зонами «лишайниковой пустыни». Это обстоятельство существенно ограничивает практическое использование данного метода биоиндикационного картирования степени загрязнения урбанизированных территорий (Филиппова и др., 1987).

Второй вариант представлен так называемым трансплантационным вариантом, суть которого заключается в перенесении проб лишайников из чистых, незагрязненных местообитаний в условия с различным уровнем техногенного загрязнения и наблюдении за анатомо-морфологическими, физиолого-биохимическими и другими биологическими процессами и свойствами растений (Ferry, Coppins, 1979; Трасс, 1985; Григорьев, Бучельник, 1997). В лихенологии первые такие опыты провел Арнольд в Мюнхене, пересадив несколько эпигейных лишайников из ландшафтов, нетронутых человеком, в город, но все они быстро погибли (Франклин, Трешоу, 1988).

С 60-х годов XX в. такие опыты стали проводить как с эпигейными, так и с эпифитными лишайниками. Были разработаны различные методы и техника трансплантации. Так, эпигейные лишайники переселяются небольшими комками вместе с субстратом (20*20см). Для трансплантации

эпифитных лишайников используются диски коры деревьев диаметром 4-6 см, изъятие которых проводят специальными бурами. Диски, взятые из «чистых» местообитаний, пересаживаются на стволы тех же пород деревьев по возможности в схожих местообитаниях (тип леса, рельеф и др.) или прикрепляются к специальным вертикальным стержням. Транспортировать можно и целые ветви, прикрепляя их к стволам одних и тех же пород деревьев, произрастающих в загрязненных условиях. Во всех случаях экспонированные образцы подвергаются различным анализам через определенные промежутки времени (например, через 4, 8, 12 месяцев) (Филиппова и др., 1987). Большинство отечественных лихенологов пользуется методом определения видового состава лишайников, произрастающих в определенной местности, их обильности и сравнением полученных данных с результатами обследования этой местности некоторое время тому назад (например, Мартин, 1978, Малышева, 1996, 1998; Байбаков, 2003).

Своеобразное «историческое» направление исследований лихенофлоры отслеживает ее изменения для каких-либо территорий в историческом аспекте (Бязров, 1991а; Малышева, 1996). В зависимости от судьбы природных либо природно-антропогенных комплексов, в данном случае с течением времени фиксируется либо обеднение видовых списков, угнетение жизненного состояния, деградация лихенофлоры, – при усилении антропогенного воздействия (Wetmore, 1989), либо, напротив, восстановление лихенокомплексов на фоне снижения уровня техногенного загрязнения (Hafallner, Grill, 1980; Kandler, 1988; Seaward, 1989; Rossion, 1990).

Основы лихеномониторинга достаточно разработаны (например, Андерсон, Трешоу, 1988; Инсарова, Инсаров, 1989; Бязров, 1991, 1993), ряд авторов считает их обязательным компонентом системы биомониторинга техногенного загрязнения (например, Николаевский, 2001). Для лесной зоны лихеноиндикация рассматривается как один из наиболее вероятных аспектов в системе фитоиндикации наземных экосистем (Николаевский, Якубов, 2001). Известны практические рекомендации, предписывающие использование лишайников для оценки уровня загрязнения окружающей среды различными исполнителями: школьниками в учебном («школьном») мониторинге (например, Кузнецова и др., 1994; Школьный экологический..., 2000; Рыжов, Ягодин, 2000), военнослужащими (Методика экспресс – оценки..., 2000).

Для нашей области нельзя считать завершенным изучение лихенофлоры как таковое. В полной мере изучены не все группы лишайников (Малиновская, 1993), следует также отметить, что наибольший интерес уделялся анализу лихенофлоры Жигулевского заповедника им. Спрыгина (на-

пример, Гончарова и др., 1978; Сидоренко, 1994). Наибольший интерес из сравнительно недавних публикаций представляют работы М.В. Шустова (1988, 1989 и более поздние работы). Лихенокомплекс городских биотопов Самары ранее достаточно пристально не рассматривался.

Проведенное нами совместно с Л.И.Бесполитовой в 1998-2000 гг. исследование включало изучение естественных лихенокомплексов парковых массивов и экспериментальную трансплантацию в городских условиях г. Самары образцов трех видов (*Hypogymnia physodes, Parmelia caperata, Xanthoria parietina*) из лесных массивов с минимальным уровнем техногенного загрязнения (биотестирование) (Бесполитова, Кавеленова, 2001).

Первая часть данной работы состояла в том, что в наиболее крупных парковых массивах города – ЦПКО им. А.М. Горького, парке им. Ю.А. Гагарина, парке Дружбы, парке им.50-летия Октября, в лесных биотопах пригородного – Самарского – лесничества проводили отбор образцов лишайников, определение их видовой принадлежности и жизненного состояния (1998-1999 гг.). В этих парках представлен древесный ярус, приближенный к таковому естественных лесных массивов.

Укажем некоторые особенности, которыми характеризовалось развитие лихенокомплексов в этих парковых массивах (табл. 4).

Таблица 4

Особенности лихенокомплекса модельных участков парковых лесонасаждений г. Самары

Виды лишайников, обнаруженные в насаждениях	Самарск. л-во	Загород. парк	Парк им. Гагарина	Парк им. 50 лет ВЛКСМ	Парк Дружбы
Cetraria pinastri (Scop.) S.Gray. – цетрария сосновая		+			
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav. – гипогимния трубчатая	+				+
Parmelia sulcata Tayl.– пармелия бороздчатая	+	+		+	+
Peltigera makacea (Ach.) Fauck. – пельтигера мягкая	+				
Physcia aipolia (Ehrh.) Furner – фисция серо-голубая				+	
Physcia ciliata (Hoffm.) D. Rietz – фисция реснитчатая					+
Physcia stellaris (L.) Nyl. – фисция звездчатая	+	+			
Ramalina polinaria (Westr.) Ach – рамалина пыльцевая			+	+	
Xanthoria parietina (L) Th.Fr. –ксантория настенная	+	+	+	+	+

Парк им. 50-летия ВЛКСМ. Субстратом для лишайниковых синузий служили деревья липы, вяза, дуба, а также сломанные ветки, лежащие на земле. Все обнаруженные лишайники имели удовлетворительный габитус

и нормальные органы размножения. Однако в отдельных синузиях на слоевищах рамалины пыльцевой обнаружены некридии.

Парк Дружбы. Субстратом для лишайниковых синузий слжили деревья липы и ясеня. Все рассмотренные лишайники характеризовались нормальным габитусом.

Парк им. Ю.А.Гагарина. Субстратом для лишайниковых синузий служили деревья липы, дуба и сломанные ветки на почве. Все лишайники имели хороший габитус.

ЦПКО им. А.М.Горького. Субстратом для немногочисленных лишайниковых синузий служили деревья тополя черного, липы, ясеня, сломанные ветки на почве.

Самарское лесничество. Субстратом для лишайниковых синузий служили деревья липы, вяза, клена остролистного, сломанные ветки. Лишайники характеризовались хорошим габитусом.

Дя обследованных биотопов списки видов лишайников не имеют исчерпывающей полноты. Предварительный анализ лихенокомплексов показал для парков г. Самары присутствие 10 видов листоватых лишайников. Общие для всех модельных участков виды лишайников присутствовали и в условиях пригородного леса. Для парков оказалось характерным присутствие лишь наиболее устойчивых видов, способных переносить высокое загрязнение воздуха и его сухость в условиях перехода от лесостепи к степной зоне.

Вторым этапом была экспериментальная трансплантация образцов лишайников, собранных в экологически чистых лесонасаждениях Красносамарского лесничества, в парковые массивы г. Самары. Талломы выбранных видов лишайников были сняты с деревьев (липы и березы) вместе с верхним слоем коры, причем от края таллома до края коровой пластинки отставляли около 2 см. По возможности выбирались участки коры с тремя слоевищами лишайников одного размера. Лишайники были перевезены в парки города и размещены на деревьях на высоте приблизительно 1,5 м в центральной части парковых массивов. После 8 месяцев экспозиции образцы лишайников были собраны из парков и доведены до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухой материал размельчили с помощью лабораторной мельницы и использовали для спектрофотометрического определения количества фотосинтетических пигментов в ацетоновых экстрактах.

Виды, используемые в работе, выбраны из числа наиболее распространенных в Красносамарском лесничестве и массово присутствующих в других лесных массивах области. Данные виды наиболее подходят для трансплантации в целях оценки чистоты атмосферного воздуха, так как

Hypogymnia physodes и *Parmelia caperata* относятся к довольно устойчивым видам. Их класс полеотолерантности по Трассу, 1984, – 6, что означает приуроченность к естественным и антропогенно умеренно измененным местообитаниям. Использовать виды, более чувствительные к загрязнению атмосферы различными поллютантами, нерационально, так как за время экспозиции в них могут развиться серьезные морфофункциональные изменения, приводящие к гибели трансплантированных слоевищ. Третий вид, *Xanthoria parietina*, относится к девятому классу полеотолерантности, то есть устойчив в местообитаниях, сильно затронутых антропогенным воздействием. Подобные виды, как предполагается, наиболее подходят для трансплантации в городских парках. Все три вида в естественных местообитаниях обильно встречаются на березе и липе. Известно, что эти деревья имеют различный уровень pH коры: у березы – 3,7, у липы – 5,3 (Инсаров, Инсарова, 1987).

Экспозиция лишайников из экологически чистого лесного массива в городские парки включала еще один аспект воздействия, то есть проводилась со сменой форофита либо без такой смены (перенос с липы на березу, с березы на березу, и т.д.). Таким образом, помимо собственно влияния техногенного загрязнения среды, мы предполагали выяснить значимость сохранения вида форофита при проведении лихенотестирования. После восьмимесячной экспозиции в урбосреде у большинства образцов лишайников были отмечены повреждения, вызванные воздействием загрязнителей атмосферы.

Видимые изменения выражались в обесцвечивании талломов, начиная с краев, исчезновении органов размножения, появлении хлоротических пятен, слоевища становились менее прикрепленными к субстрату, на них появлялись трещины. У гипогимнии и пармелии, размножающихся вегетативно, выкрашивалась середина слоевища. У ксантории темнели апотеции. Эти изменения, очевидно, могут быть вызваны воздействием на таллом стекающих по стволу растворов, имеющих кислую реакцию. Меньше всего видимые изменения затронули ксанторию. Данный вид среди трех использованных нами характеризуется наибольшим баллом полеотолерантности, то есть способен обитать в сильно измененных местообитаниях. Однако даже слоевища этого вида при экспозиции в парках получили повреждения: потемнение апотециев, отставание слоевищ от коры, что было сильнее всего выражено в парках им. Гагарина и Дружбы. Два других вида лишайников получили более значительные и более выраженные повреждения Их класс полеотолерантности – 6, что соответствует способности обитать в условиях естественных и умеренно измененных антропогенно. У слоевищ

пармелии наблюдалось обесцвечивание талломов, исчезновение соредий и изидий, отставание слоевищ от субстрата на слоевище, появление трещин. Во всех случаях наибольшие повреждения обнаружены на лишайниках, экспонированных в парках Дружбы и им Гагарина. При обследовании слоевищ гипогимнии, трансплантированных в урбосреде, были найдены следующие изменения: обесцвечивание талломов, отставание от субстрата, исчезновение соредий. Наиболее пострадали слоевища, перенесенные в парк Дружбы со сменой форофита (с липы на березу): у этих слоевищ происходило обесцвечивание краев таллома и полное выкрашивание середины слоевища, где располагаются большинство органов вегетативного размножения. В случаях же перенесения талломов в парк Дружбы с липы на липу и с березы на липу изменения были незначительными (небольшое обесцвечивание краев таллома).

В парке им Гагарина лишайники получили небольшие повреждения в вариантах переноса их с липы на березу и с березы на березу. Здесь также происходило обесцвечивание краев талломов. В остальных случаях лишайники из парка Гагарина не получили видимых повреждений. У лишайников, перенесенных в Загородный парк, видимых изменений не произошло.

Оценка содержания фотосинтетических пигментов в слоевищах использованных для трансплантации в урбосреду лишайников показала, что в большинстве случаев в ряду «Красносамарское лесничество (контроль) – Загородный парк – парк им. Гагарина – парк Дружбы» (насаждения расположены в порядке возрастания уроовня загрязнения воздуха) содержание хлорофиллов А, В и каротиноидов закономерно снижалось. Однако у различных видов лишайников наиболее резкое снижение содержания фотосинтетических пигментов наблюдалось либо в условиях парка Дружбы, либо парка им. Гагарина (рис. 14). Количество пигментов после экспонирования в урбосреде несколько изменялось в зависимости и от того, каковы были исходный форофит и форофит, на котором проводили экспонирование. Проведенное исследование, носящее характер предварительного, все же позволяет говорить о возможностях использования лихеноиндикации для оценки состояния окружающей среды в условиях г. Самары.

Заметим, что лихеноиндикация как метод оценки качества окружающей среды в отношении техногенного загрязнения позволила для ряда территорий провести вполне адекватное экологические картирование (Бязров, 1992) и широко предлагается к внедрению в биомониторинг. Тем не менее, несмотря на видимую значимость данного метода, возьмем на себя смелость утверждать, что его нельзя рассматривать как универсальный, вне учета местной специфики природно-климатических условий. Для урбосре-

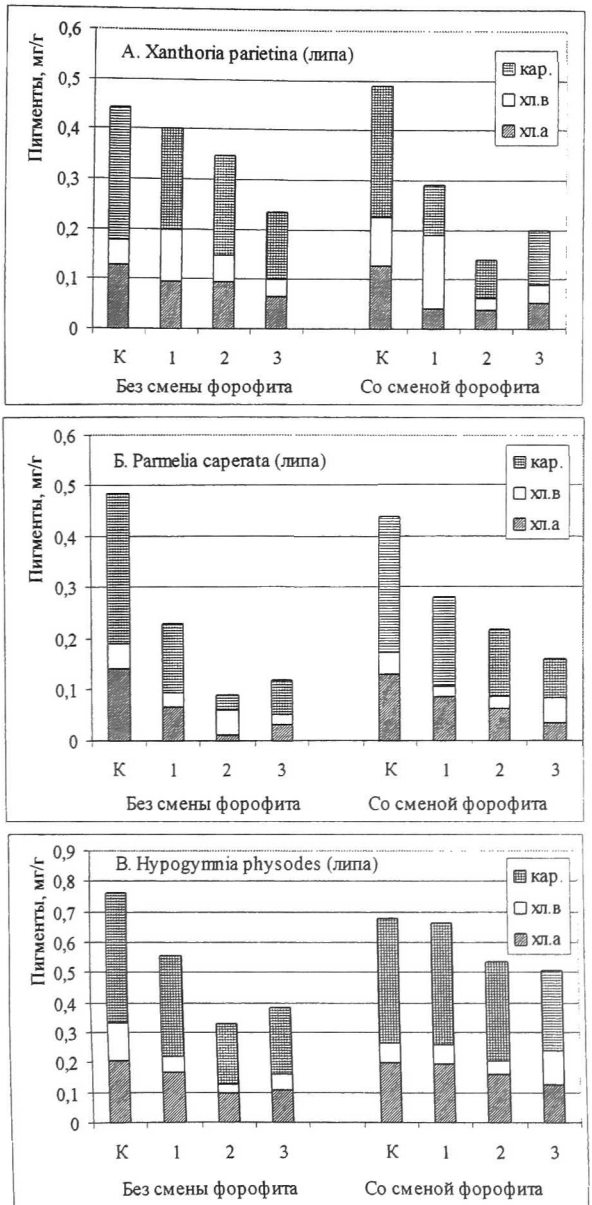


Рис.14. Оценка содержания фотосинтетических пигментов в слоевищах лишайников, экспонированных в парковых массивах г. Самары.

Примечание. К –Красносамарское лесничество (контроль), 1 – Загородный парк, 2 – парк им. Гагарина, 3 – парк Дружбы

ды г. Самары в условиях лесостепи лихеноиндикация в ее классическом варианте, очевидно, имеет мало перспектив ввиду обедненности видового состава и мозаичности распределения лихенокомплексов по территории города. Такая ситуация, на наш взгляд, определяется следующими причинами. Первая заключается во вторичном характере лесонасаждений на территории г. Самары, которым свойственны как существенная молодость, так и слабая связь с естественными лесными экосистемами (либо отсутствие такой связи).

Так, парковые и иные насаждения на территории города создавались практически заново на месте уничтоженных или глубоко нарушенных лесных экосистем, то есть характеризуются креационным (креационно-волонтерным) типом происхождения, остатки естественных лесных массивов им свойственны в меньшей степени.

Возраст этих насаждений достигает 150 лет только для одного из парков (Струковского), другие же парки и скверы гораздо моложе. Однако именно фактор времени весьма важен для формирования зрелых лихенокомплексов. Обратимся к данным, полученным при изучении лихеносинузий в условиях лесной зоны. Как правило, колонизация лишайников в спелом лесонасаждении происходит в две стадии. Первая заключается во вселении разнообразных широко распространенных видов и в целом завершается, когда лесной массив достигает столетнего возраста. Вторая стадия начинается не ранее чем 50-100 лет спустя. В этот период происходит вселение видов, живущих на границе условий их экологической амплитуды или близко к ней. Многие из этих видов остаются редкими, даже достигая полного распространения (Rose, 1976; Goward, 1996). В этом отношении интересны данные, полученные Rose, 1976 для Великобритании. Леса Британских островов, не подвергавшиеся вырубке в течение многих сотен лет, в большинстве случаев содержали 120-150 видов лишайников на квадратном километре. В старейшем лесном массиве, который не вырубался со средних веков, было обнаружено 259 видов лишайников. Напротив, леса в возрасте до 200 лет насчитывали менее 50 видов лишайников на квадратном километре, а в 150-летних лесных массивах не завершалось формирование эпифитного лихенокомплекса по крайней мере еще сто – двести лет. Это дало лихенологам основания говорить о возможности использования лишайников в качестве «исторических индикаторов отсутствия экологических изменений, с учетом определенных ограничений, в течение длительного времени» (Rose, 1976).

Вторая причина заключается в регулярно проводимом в парках уходе за территорией, удалении листового опада, мертвых веток с поверхности

почвы. Этим нарушается естественное протекание процессов биодеградации растительных остатков, а при высокой рекреационной нагрузке на территорию какой-либо слой подстилки на почве отсутствует. Так, канадские исследователи (Crites, Dale, 1998) убедительно показали зависимость видового состава лихенофлоры не только от возраста лесного массива, но и от такого компонента лесной экосистемы, как подвергающийся деструкции древесный отпад, определяющий возможность формирования наземных группировок бессосудистых растений. Парковые насаждения лишаются свободно разрушающегося на поверхности почвы древесного отпада, что не дает возможности вселения некоторым представителям лихенофлоры.

Третьей причиной видовой обедненности и малочисленности лихенокомплексов в лесонасаждениях г. Самары, несомненно, является высокий уровень техногенного загрязнения, который усугубляется климатическими особенностями района исследований. О том, что данный фактор также нельзя выпускать из поля зрения, свидетельствуют данные, полученные для условий Калифорнии (Ryan, Nash, 1990). В относительно свободных от техногенного загрязнения биотопах севернее Лос-Анжелоса у некоторых видов лишайников были отмечены обесцвечивание слоевища и разрушение корового слоя, в других местностях подобных эффектов не наблюдали. Предполагается, что климатические условия могли воздействовать на лишайники сильнее, чем загрязнение воздуха. Что касается техногенного загрязнения, посвященные ему работы лихенологов весьма многочисленны и разноплановы, а факты влияния поллютантов на лишайники несомненны. Однако характер действия токсикантов меняется в зависимости от природно-климатических (гидротермических) условий. Так, для лесов юга Финляндии была установлена корреляция между уровнем накопления соединений серы в талломах Hypogymnia physodes и увлажненностью биотопов (Kubin, 1989).

Наконец, затрудненность заноса зачатков лишайников в парковые массивы из пригородных лесных массивов в определенной мере связана с положением парковых массивов внутри городской территории и в силу этого – пространственной их разобщенностью с лесными экосистемами.

Таким образом, для формирования в городских условиях в лесостепи лишайниковых синузий во вторичных (псевдолесных) парковых экосистемах, генетически не связанных с лесными массивами, требуются достаточно значительное время, а также возможности заноса зачатков лишайников извне и успешного их развития. Поэтому мы считаем вполне понятным существенное обеднение лихенофлоры городских парков по сравнению с видовым разнообразием лишайников на географически близкой террито-

рии Самарской Луки, которое оценивается в 140 видов (Шустов, 1988). Поэтому классический вариант лихеноиндикационного мониторинга с использованием различных показателей состояния эпифитных лишайниковых группировок (число видов на пробной площади, видовая насыщенность, или среднее число видов на стволе, высота поднятия лишайников по стволу) (Михайлова, 1990), открывающий возможности картирования городской территории с выделением «лишайниковых зон» в городах лесной зоны (см, например, Кучерявый, Кондратюк и др., 1989, – для г. Львова, Цирд, 1989, – для городов Эстонии, Бязров, – для Москвы), для г. Самары представляется мало перспективным. Отметим, что отдельные работы посвящены анализу возможностей лихеноиндикационных исследований в более засушливой по сравнению с лесостепью степной зоне. Так, исследования Н.В. Моджиной, 1993, в Башкирском Предуралье (окрестности городов Стерлитамак, Ишимбай, Салават) в искусственных насаждениях показали обедненность видового состава лихенофлоры и выраженную зависимость от уровня техногенного загрязнения. Однако перспективы лихеноиндикации урбосреды в условиях не только степной, но и лесостепной зоны не следует переоценивать.

По поводу проведенных трансплантационных экспериментов мы можем заметить, что уровень отмеченных у гипогимнии, пармелии и ксантории морфологических и физиолого-биохимических изменений зависел от места их трансплантации и, соответственно, степени загрязнения атмосферного воздуха в пределах данной части городской территории. Помимо количественных показателей пигментного аппарата, могут оцениваться и другие экофизиологические параметры лишайников. Так, предложены методики оценки замедленной флуоресценции хлорофилла (Григорьев, Бучельник, 1997; Григорьев и др., 2001), использование флуоресцентной микроскопии и микрофлюорометрии (Kauppi, 1980, 1980a), оценка содержания феофитина, растворимых белков, диенов с сопряженными связями (продуктов окисления) (Levin, Pignata, 1995). Упомянем о трансплантационных экспериментах, проведенных в Израиле с лишайниками *Ramalina duriaei* (Garty e.a., 1998) и *R.lacera* (Garty e.a., 2000). После 10-месячной экспозиции в городе с высоким уровнем загрязнения воздуха в талломах определяли концентрацию ряда элементов и сопоставляли данные со степенью повреждения клеточных мембран, о чем судили по изменению электропроводности. Концентрации S, B, Al, Cr, Fe, Si, Ti, Zn коррелировали с уровнем повреждения мембран, результатом которого был выход из талломов ионов K^+ (Garty e.a., 1998).

Итак, для крупного современного индустриального центра в условиях лесостепи трансплантационный вариант лихеноиндикации представляется более перспективным, чем собственно экологическое картирование лихенофлоры, существующей в урбосреде (г. Самары). Отбирая материал для экспонирования в городской среде, мы должны ориентироваться на наиболее массовые виды лишайников, чтобы не причинять ущерба лихеносинузиям в природе. В качестве потенциальных объектов-биотестов могут рассматриваться использованные нами массовые в лесостепной зоне *Hypogymnia physodes, Parmelia caperata, Xanthoria parietina.*. При выборе показателей экофизиологического состояния лишайников следует учитывать возможное влияние погодных условий (экстремально высокой температуры и сухости воздуха в отдельные вегетационные периоды). Размещение пластин коры с талломами (специальных планшетов) может производиться в любой точке города, которая представляет интерес с точки зрения фитоиндикации, выбор сроков тестирования в течение года может варьировать в зависимости от целей исследования. Ценность лихенотестирования заключается еще и в том, что оно может проводиться в осенне-весенний период, когда ниже эффективность использования фитоиндикаторов – высших растений.

6. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

6.1. К оценке жизненного состояния древесных растений в групповых насаждениях

Наиболее общим выражением уровня соответствия растительного организма совокупности условий окружающей среды можно считать его общий габитус – жизненное состояние. Оценка жизненного состояния древесных растений в насаждениях предполагает использование определенной условной шкалы, позволяющей формализовать визуальное, зачастую интуитивное восприятие растительного организма. Собственно понятие жизненности рассматривается либо как синоним виталитета (Миркин и др., 1989; Словарь-справочник..., 1991) и понимается как уровень состояния растений, обеспечивающий реализацию генетически обусловленной программы роста и развития, либо как степень стойкости живых организмов к нарушениям окружающей среды (Реймерс, 1991), либо как мера соответствия условий данного фитоценоза потребностям популяции растений. Исходя из этого, оценка жизненности возможна на уровне организмов, популяций, видов. Применительно к древесным растениям в городских насаждениях данная задача обычно представляет собой оценку жизненного состояния групп особей одного либо нескольких видов, имеющих сходный или различный возраст, но не образующих естественных ценопопуляционных групп.

Оценка воздействия различных антропогенных факторов на лесные насаждения проводится по шкале категорий состояния деревьев, как это предписывают «Санитарные правила в лесах Российской Федерации» (1992). Однако, по мнению В.Т. Ярмишко, 2002, названная шкала не учитывает специфики воздействия промышленного загрязнения атмосферы и в большей степени основана на описании повреждений деревьев от насекомых и пожаров. Достаточно популярна разработанная В.А. Алексеевым (1989, 1990) 5-балльная шкала оценки жизненного состояния деревьев, предложенная для условий атмосферного загрязнения, с ней в целом совпадает пятибалльная шкала, представленная в новом труде Ботанического института им. Комарова (Методы изучения,... 2002). Небольшие различия этих шкал обнаруживаются для указания степени (%) снижения густоты кроны, соответствующего 2 и 3 классам жизненного состояния. Шкала В.А. Алексеева (как таковая и в интерпретации В.Т. Ярмишко, 2002) может использоваться в качестве универсальной, поскольку не ограничивает при-

чин угнетенного состояния древесных растений только техногенным загрязнением. Эта шкала, в несколько упрощенном виде и без указания авторства, рекомендуется и в руководствах для проведения школьного экологического мониторинга (Рыжов, Ягодин, 2000; Ашихмина, 2000). Число категорий – классов состояния может быть увеличено (Чураков, 1999).

Следует отметить, что собственно ряды устойчивости древесных растений к техногенному загрязнению и его конкретным компонентам представлены в работах целого ряда авторов (Илькун, 1971; Кулагин, 1974, 1985; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Гетко, 1989; Кулагин, 1998). Однако знание только степени газоустойчивости, зачастую определенной в иных природно-климатических условиях произрастания, не обеспечивает оценки жизненного состояния этих видов в урбосреде лесостепи. Шкала общей оценки жизненного состояния не исключает одновременного сбора информации о структурных особенностях листового аппарата, побегов, стволовой части (штамба) и ветвей кроны (Действие загрязнения..., 1981). Так, при обследовании хвойных может быть использована шкала Ю.З. Кулагина, 1974 (см., например, Федорков, 1999) либо иные шкалы оценки повреждения хвои.

Для городских насаждений возможны использование не только балльных шкал, но и исходящий из утилитарных целей упрощенный подход, при котором деревья подразделяют на три группы жизнеспособности, которые различаются по абсолютным и относительным ростовым показателям, имеют неодинаковое развитие кроны, числом активных корней, физиолого-биохимические показатели листового аппарата (Озеленение..., 1987). Деревья различных классов жизненного состояния требуют различных агротехнических мероприятий в городских насаждениях.

Среди шкал оценки состояния городских насаждений особого упоминания, на наш взгляд, заслуживает недавняя работа Гришко и др, 2002. Ее авторы наметили пути объединения показателей, характеризующих как состояние растений, так и выполнение ими рекреационных функций в городской среде. Визуальная оценка состояния растений по данной методике проводится согласно 3-балльным шкалам и 3 вспомогательным показателям. За основу принята методика визуального обследования, предложенная Л.И. Мовсесян с соавторами, 1978. Шкалы 1-3 выражают состояние штамбов и ветвей деревьев, выраженность определенных групп повреждений (бактериозов, гнилей и сосудистых микозов, опухолей), шкалы 4-6 относятся к оценке состояния ассимиляционного аппарата. Дополнительные показатели относятся к визуальной оценке состояния и общей декоративности растений.

В ходе обследований насаждений в различных районах г. Самары мы ориентировались на систему оценки жизненного состояния деревьев, предложенную В.А. Алексеевым (1989). Информация о жизненном состоянии древесных растений собиралась в насаждениях различного происхождения, породного состава и в разных по назначению объектах озеленения, которые сталкиваются с неодинаковыми уровнем техногенного загрязнения и интенсивностью рекреационной нагрузки.

Общие замечания, которыми мы предварим фактический материал, заключаются в следующем. В условиях периодического дефицита влаги и повышенной температуры, свойственных г. Самаре, наиболее трудным периодом для древесных растениях в креационных насаждениях является «приживание» после посадки. Серьезные травмы корневой системы при выкопке в питомнике, травмы ствола и кроны, подсыхание корней при обсыпании почвенного кома до момента посадки, – все это создает основу для закладки будущих патологий развития растительного организма. Недостаточный либо отсутствующий полив приводит к тому, что приживаемость саженцев древесных растений весьма низка, и в отдельные годы для березы повислой или липы не достигает 30% (устное сообщение работников городской службы озеленения). Данная проблема, естественно, не принадлежит к числу исключительно местных, поскольку с нею в той или иной мере сталкиваются в различных странах мира. При создании уличных насаждений травмированная корневая система саженцев, развиваясь в трансформированной техногенезом почве (а точнее, техногенном грунте урбосреды), лишь частью своего объема соприкасается с плодородной насыпной почвой. Далее на ее пути могут встретиться различные включения, подземные коммуникации, тела, представляющие преграду нормальному росту. Мы достаточно подробно рассматривали особенности городских почв, поэтому обратимся к вероятным итогам роста древесного растения. Нарушение нормального развития корневой системы так или иначе отразится и на развитии надземной части растения, в частности, в условиях дефицита влаги дефекты в развитии корневой системы могут привести к развитию суховершинности кроны. Подобное явление мы часто отмечали в креационных насаждениях г. Самары у березы повислой (насаждения по ул. Ново-Садовой, Ленинскому проспекту и др.). Для древесных растений некоторых видов механические травмы кроны приобретают характер хронических (красивоцветущие деревья и кустарники, липы в период цветения, рябина и др. плодовые в период плодоношения, вяз мелколистный и др. деревья, подвергающиеся обрезке). Открытые раневые поверхности ветвей, естественно, становятся областью проникновения патогенов, что

также сказывается на жизненном состоянии древесных растений. Появляющиеся в условиях городской среды повреждения листового аппарата также не ограничены какой-либо одной причиной, а могут быть вызваны загрязнением воздушной и почвенной среды, воздействием насекомых, патогенов (Hengel, 1988). В городской среде насаждения в различных районах города имеют разный возраст, а поскольку уровень устойчивости растительного организма изменяется в зависимости от фазы развития и функционального состояния (Жарко, 1995), в оценке условий среды корректно сравнение насаждений одного возраста.

Таким образом, оценка жизненного состояния групп деревьев одного вида в городских насаждениях должна рассматриваться скорее с точки зрения мониторинга состояния насаждений, для выработки необходимых агротехнических мероприятий. Анализ жизненного состояния может дать информацию о перспективности использования древесных видов в различных насаждениях, о наиболее значимых факторах, затрудняющих их развитие.

Жизненное состояние насаждений с участием различных древесных видов мы анализировали на модельных участках парков, скверов и улиц г. Самары. При этом для конкретного насаждения массовыми (формирующими основу древостоя) были от 2 до 5 видов, их дополняли виды, представленные меньшим числом экземпляров. Для сопоставления жизненного состояния различных видов, абстрагируясь от их обилия в данном насаждении, рассмотрим спектры жизненного состояния как местных, так и интродуцированных деревьев в ряде насаждений г. Самары (рис. 15). Мы используем обобщенные данные нескольких лет наблюдений (3-4), поскольку, по неопубликованным данным Н.В. Прохоровой для насаждений промзоны г. Самары, визуальная оценка жизненного состояния одного насаждения в различные годы наблюдений может давать несколько разные результаты.

Для примера выбраны преимущественно насаждения улиц и скверов, а также модельная площадка в одном их парков креационно-волюнтарного характера (парк им. 50 лет ВЛКСМ). Отметим, что в спектрах многих древесных видов практически во всех насаждениях малочисленны либо отсутствуют деревья, по шкале В.А. Алексеева относящиеся к 5 классу (погибшие в данный год либо ранее). Это связано с изъятием погибших деревьев из насаждений. Повышение доли особей 4 и 5 классов может свидетельствовать, во-первых, о естественном старении компонентов системы озеленения (береза повислая и липа сердцелистная в сквере им. Мичурина, на ул. Братьев Коростелевых). Оба названных насаждения расположены на территории Ленинского р-на г. Самары, одного из старейших, и их возраст

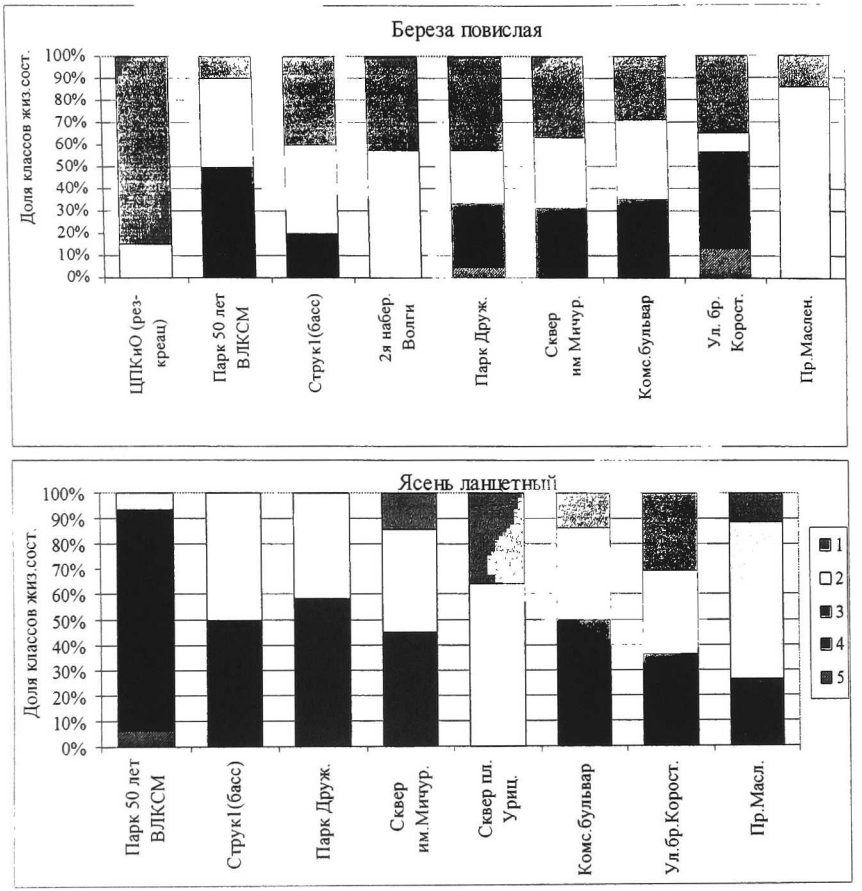


Рис. 15. Результаты оценки жизненного состояния некоторых древесных растений в насаждениях г. Самары (по шкале В.А.Алексеева, 1989)

превышает 40 лет. Второй причиной повышения доли классов 4 и 5 может быть несоответствие условий местообитания экологическому оптимуму древесных видов, в городских насаждениях сюда могут присоединяться высокая рудерализация и отсутствие достаточного ухода за насаждениями. Такую ситуацию мы наблюдали для ясеня и особенно вяза мелколистного в парке им. 50 лет ВЛКСМ. В молодых по времени существования объектах озеленения появление деревьев 4 и 5 классов жизненного состояния наблюдается для видов, у которых высок отпад после высадки и затруднена приживаемость.

Возможно, здесь мы сталкиваемся со вполне ожидаемым процессом «отбраковки» особей с пониженной по каким-то причинам устойчивостью.

Примером может служить состояние вяза мелколистного, рябины, тополя, ясеня в насаждениях Комсомольского бульвара. Напротив, преобладание особей 1-2 классов жизненного состояния говорит о высоком уровне соответствия условий в насаждении экологическому оптимуму данных видов. Ситуация для большинства древесных видов в модельном участке 2-й очереди набережной р. Волги показывает, что территория с хорошо организованным уходом за насаждениями, в частности, регулярным поливом в жаркое время, плодородным почвогрунтом и относительно чистым воздухом создает благоприятные условия для многих местных и интродуцированных видов. В то же время тополь пирамидальный, периодически повреждаемый низкими зимними температурами, демонстрирует отсутствие особей 1-го класса жизненного состояния, свободного от выраженных повреждений.

Обобщение данных, относящихся к жизненному состоянию одного и того же вида в возможно большем числе насаждений, дает возможность выявить оптимальные условия, предположить необходимый режим культивирования данных древесных растений в городских насаждениях. Приведем результаты, относящиеся к нескольким местным и интродуцированным видам деревьев. Анализ спектров жизненного состояния показывает, что условия парков и скверов г. Самары наиболее соответствуют экологическим потребностям березы повислой и липы сердцевидной. Напротив, клен остролистный и особенно дуб черешчатый имеют благоприятные условия существования не во всех парковых насаждениях. Для клена и дуба в модельных участках парков им. Гагарина и Горького, для дуба также – в насаждениях на территории Глазной больницы, присутствуют высоковозрастные экземпляры (остаточные фрагменты ранее существовавших естественных насаждений). Их старение и отмирание, возможно, ускорились с ростом антропогенной нагрузки в ходе эксплуатации насаждений.

Вид-интродуцент клен ясенелистный, несмотря на встречаемость практически во всех насаждениях г. Самары, сравнительно редко демонстрировал преобладание особей 1 класса, чаще отмечались повышенная доля деревьев 2, а в ряде насаждений – и 3 классов жизненного состояния. Практическое отсутствие особей 1 класса жизненного состояния у интродуцента вяза мелколистного в уличных насаждениях (сквер Устинова, парк им. 50 лет ВЛКСМ, Комсомольский бульвар, проезд Масленникова) является несомненным следствием практики почти ежегодной формирующей обрезки деревьев данного вида, и без того в отдельные годы страдающего от пониженных зимних температур. Ясень зеленый, спектры жизненного состояния которого обнаруживают наибольшее несходство в разных наса-

ждениях, по всей вероятности, сильно зависит от специфических условий местообитания и, вполне возможно, не может считаться устойчивым в урбосреде лесостепи.

Что касается хвойных растений, то их естественное распространение на территории Самарской области ограничено. В настоящеее время здесь дико произрастают лишь 4 вида голосеменных растений – сосна обыкновенная, можжевельники казацкий и обыкновенный, эфедра двухколосковая (Плаксина, 2001). Интродукционная деятельность человека привела к расширению ассортимента хвойных растений, используемых в насаждениях различного назначения. Так, в различных насаждениях г. Самары используются лиственницы европейская и сибирская, ели колючая, европейская, сибирская и др., сосны кедровая, черная, виды можжевельника, туи и др. (Розно, 1986; Розно, Потапов, 1992). В современном городе хвойные растения представляют собой необходимый элемент зеленого строительства. Их использование усиливает декоративный эффект зеленых насаждений, степень их эмоционально – психологического и санитарно-гигиенического воздействия на человека (Озеленение..., 1987).

Для условий г. Самары среди наиболее часто используемых в озеленении хвойных растений следует назвать ель обыкновенную (европейскую) *Picea abies (L.) Karst* и ель колючую *Picea pungens Engelm*. В виде смешанных либо одновидовых групп в рядовой либо свободной посадке, они неизменно присутствуют в объектах озеленения общественного центра, промышленных комплексов, в скверах и парках, насаждениях внутриквартального характера. Имеющиеся группы зачастую представлены деревьями одного возраста, что делает их удобными для изучения жизненного состояния. В вегетационные периоды 1999-2002 г. было проанализировано жизненное состояние деревьев ели европейской и ели колючей в составе 20 модельных групповых насаждений, расположенных в различных районах г. Самары. В них были представлены деревья обоих либо одного из названных видов ели, количество экземпляров каждого вида в анализируемых группах составляло от 5 до 27. Возраст деревьев также был разным, условно (по числу мутовок) он оценивался интервалом от 7 (самая молодая) до 30 (самая старая группа).

Ограничимся анализом средних характеристик жизненного состояния данных насаждений. Группы ели колючей в выбранных нами модельных насаждениях использовались чаще (15 из 20 по сравнению с 11 из 20 для ели европейской). Это не случайно, так как, вероятно, определяется и вкусами озеленителей, и опытом использования хвойных в объектах озеленения нашего города: в насаждениях ели европейской чаще встречались ос-

лабленные и поврежденные деревья, отмечались деревья с сильным повреждением и отмирающие. Ель колючая обнаруживала более хорошее состояние: группы были представлены в основном здоровыми деревьями без видимых нарушений кроны и ствола, которые по шкале В.А Алексеева, 1989, относятся к первому классу. Ослабленных, сильно поврежденных деревьев практически не наблюдалось. Средняя оценка жизненного состояния ели колючей в исследованных насаждениях составляет примерно 1.26, ели европейской – 1,44.

Ель колючая, интродуцент североамериканского происхождения, демонстрирует большую устойчивость к антропогенному влиянию, в том числе и в условиях лесостепи. Характерно, что данный вид проявил высокие адаптивные возможности при создании лесокультур в ряде стран Европы, где местные виды хвойных обнаруживают угнетение в условиях техногенеза (Neuhäust, 1980, Tichy, 1988). Ель европейская более требовательна к условиям произрастания в урбосреде. Неодинаковая устойчивость деревьев ели европейской и колючей в насаждениях г. Самары связана с рядом их эколого–биологических особенностей. Это, возможно, и поверхностный характер корневой системы у ели европейской, сильнее страдающей от уплотнения, загрязнения, а в летнее время – и перегрева почвы. Это и более тонкая, нежная ее хвоя, менее защищенная тонким слоем кутикулы и воска от неблагоприятных температур и химических воздействий. Наконец, это и архитектура кроны, более «рыхлая» у ели европейской и «плотная» у ели колючей. Данная особенность создает условия неодинаково эффективного проникновения загрязненного воздуха в объем кроны. Тем не менее симптомы негативного влияния урбосреды на деревья ели обоих видов прослеживаются в наличии пятен хлорозов и некрозов на хвое, в сокращении сроков ее жизни, наконец, в ускоренном разрушении слоя эпикутикулярного воска.

Для ели европейской отмечается пониклость ветвей и хвои на них (проявление синдрома плакучести), что рассматривается в качестве симптома повреждения хвойных растений техногенными выбросами (Окружающая среда..., 1999). У ели колючей при высоком уровне жизненного состояния (класс 1) может выявляться аномальное положение наиболее молодой части верхушечного побега – пониклость и изогнутость верхушки. Наконец, сроки жизни и у ели колючей, и у ели европейской заметно сокращаются при произрастании в урбосреде лесостепи, чему в немалой мере способствуют конкретные особенности условий произрастания. Так, в двух полосах – группах ели колючей возрастом более 30 лет по сторонам от сквера им. Устинова (Ленинский район) в различной мере происходят

уплотнение и перегрев почвы, задымление автотранспортными выхлопами, вынос загрязненных масс воздуха. Результатом такого неравенства положения стали резкое снижение состояния, ускоренное старение и гибель части особей в группе с ухудшенными условиями обитания.

Обобщая материал по оценке жизненного состояния деревьев двух видов ели в групповых насаждениях, мы использовали среднегрупповые показатели для выяснения вопроса о том, каковы тенденции изменения жизненного состояния групп хвойных с возрастом. Простейшим приемом, который в данном случае может быть применен, является построение точечной диаграммы и построение для нее линии тренда с соответствующим ей уравнением регрессии (рис. 16). Для индексации возраста деревьев мы использовали косвенные показатели – высоту деревьев и число мутовок. Последний морфологический признак можно использовать для вполне корректного определения возраста у деревьев рода ель, однако в городе его значимость несколько снижается, поскольку нижние ярусы ветвей обламываются жителями либо удаляются при уходе за насаждениями.

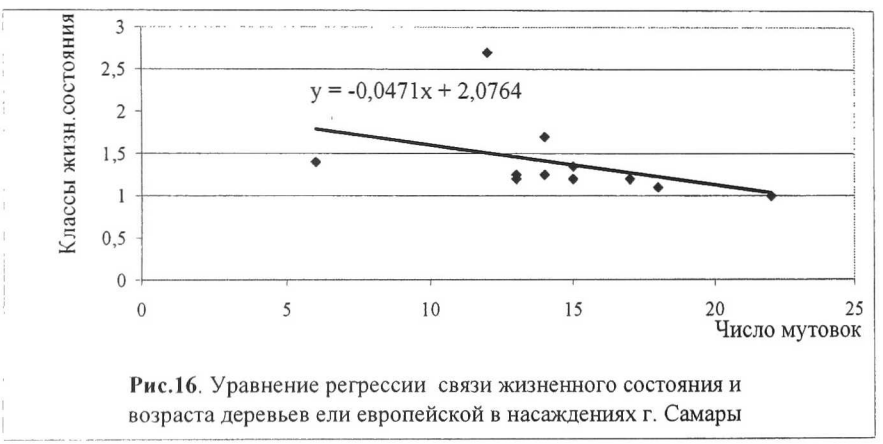


Рис.16. Уравнение регрессии связи жизненного состояния и возраста деревьев ели европейской в насаждениях г. Самары

Диапазон возраста групп деревьев ели европейской был несколько уже, чем ели колючей. Для ели европейской выявилась тенденция к улучшению жизненного состояния с возрастом и приближение (в случае успешного выживания, разумеется) жизненного состояния деревьев в возрасте свыше 10-15 лет к первому классу. У ели колючей отмечено ухудшение жизненного состояния при превышении деревьями возраста 15-20 лет.

Видимо, неодинаковые возрастные рамки анализируемых насаждений стали причиной выявления диаметрально противоположных изменений, отражаемых в линиях трендов. По сути же противоречия отсутствуют, по-

скольку анализ жизненного состояния двух видов хвойных выявил взаимодополняющие тенденции – стабилизацию и даже улучшение жизненного состояния по мере взросления особей и их ускоренное старение в урбосреде, сопровождающееся снижением жизненного состояния.

В практическом плане это означает, что молодые группы елей особо уязвимы в условиях урбосреды и нуждаются в определенной агротехнической поддержке, взрослые деревья обретают сравнительно большую устойчивость, но при превышении возраста 30-35 лет вновь становятся более уязвимыми, им должны быть обеспечены необходимые условия выживания, не вызывающие ускоренного старения и ослабления.

Привлечение результатов оценки жизненного состояния групп хвойных растений к анализу собственно экологической ситуации на различных участках городской территории и фитомониторингу техногенного загрязнения требует выполнения ряда условий. Обязательным становится изначальная сопоставимость групп деревьев, то есть их одинаковые возраст, жизненное состояние, соблюдение агротехники (посадки, начального ухода). Использовавшийся в насаждениях посадочный материал при этом должен быть представлен саженцами одного происхождения, поскольку для хвойных растений фактор популяционно-географической изменчивости играет исключительно важную роль, затрагивая признаки и вегетативных, и генеративных структур (Мамаев, Попов, 1989; Попов, 1999). Располагая информацией о том, в каких насаждениях были использованы деревья из одной партии поступившего в город посадочного материала, мы в дальнейшем можем контролировать их состояние в условиях разного уровня техногенного воздействия и использовать информацию в аспекте фитомониторинга.

Использование эколого-физиологических показателей хвойных растений в фитомониторинге также перспективно, поскольку изменение их структурных и метаболических показателей под влиянием техногенного загрязнения зарегистрировано в различных природно-климатических условиях (Аннука, Раук, 1986; Пастернак и др., 1990; Ярмишко, 1990; Сергейчик, 1991; Крючков, 1991; Степень и др., 1996; Биохимические индикаторы..., 1997; Тужилкина и др., 1998; Здетоветский, Кавеленова, 1999; Рамазанова и др., 1999; Черненькова, 2002). При этом, помимо биотопических условий насаждения и возрастных особенностей самих хвойных растений, необходимо учитывать сезонные и возрастные изменения функциональной активности хвои (Новицкая, 1978; Репях и др., 1983; Физиология сосны..., 1990).

Таким образом, оценка жизненного состояния древесных растений в городских насаждениях должна рассматриваться как обязательный эле-

мент программы фитомониторинга урбосреды. Полученная информация может быть использована как для оценки состояния компонентов данного насаждения, так и для оценки перспектив развития конкретных видов в насаждениях.

6.2. Структурно-функциональные особенности листьев древесных растений в условиях урбосреды

Листья древесных растений представляют собой, пожалуй, наиболее разнообразную морфологически и активную в метаболическом отношении структуру (Гэлстон и др., 1983). Вся их жизнь, начиная с момента закладки листовых зачатков, испытывает на себе не прекращающееся влияние внешних факторов. Структурно-функциональное единство листа, обеспечивающее его эффективность в выполнении функций фотосинтеза, газообмена, транспирации, достигается путем реализации программы развития в конкретных условиях окружающей среды (Полевой, Саламатова, 1991). С другой стороны, именно листья в первую очередь подвергаются воздействию техногенных загрязнителей (Чернышенко 1986), атакам насекомых-филлофагов, патогенных микроорганизмов. Экологическая пластичность листового аппарата открывает разнообразные возможности в аспекте фитомониторинга. Первая из них связана с возможностью использования структурных показателей листовых пластинок, в том числе у ряда видов – выраженности их симметрии или асимметричности в зависимости от комплекса условий конкретного насаждения (Захаров, 1987; Кузьмин и др., 1989).

Оценка состояния популяций организмов, испытывающих на себе влияние каких-либо экологических факторов, зачастую рассматривается с позиций стабильности развития (Экологическое состояние..., 1997). Одним из приемов оценки меры нестабильности индивидуального развития является именно определение меры выраженности флуктуирующей асимметрии, то есть незначительного, ненаправленного (случайного) различия между правым и левым значениями билатеральных признаков (Захаров, 1980, 1982; Кожара, 1985). Ряд авторов рассматривает данный критерий в качестве универсального индикатора экологического и генетического (геномного) стресса (Захаров, 1987, Стрельцов, 1998; Стрельцов, Логинов, 1999).

Стрессирующие воздействия вызывают изменения гомеостаза развития, главными характеристиками изменений которых являются показатели флуктуирующей асимметрии (Экологическое состояние..., 1997). При средовом или генетическом стрессе величина асимметрии различных, даже не скоррелированных между собой признаков показывает согласованные из-

менения. Известно немало работ, в которых оценка флуктуирующей асимметрии прилагается к процессам развития различных животных организмов (например, Гилева, Косарева, 1994; Веренич, 1996; Бурлак, 1998; Чубинишвили, 1998; Гилева, Нохрин, 2001; Логинов и др., 2002; Слепов и др. 2002). Однако ряд авторов считает, что данный подход не всегда себя оправдывает (Гилева, Косарева, 1994, Кожара, 1985).

Имеются данные, посвященные оценке флуктуирующей асимметрии листовых пластинок древесных растений в зависимости от стрессирующего воздействия окружающей среды. Для нас в этом отношении исходной точкой было знакомство с работами В.М. Захарова (Захаров, 1987) и практическим опытом лаборатории биоиндикации Калужского государственного педагогического университета им. К.Э. Циолковского (Стрельцов, 1998)[1]. В качестве критерия неблагополучия экологической обстановки в конкретной точке анализируемой территории они предложили использовать показатель флуктуирующей асимметрии листовой пластинки, например, для березы повислой, клевера ползучего и других видов цветковых растений с билатерально симметричными листьями. Среди объектов, наиболее часто рекомендуемых в качестве подобных биомониторов, вероятно, следует назвать березу повислую (Кряжева и др., 1996; Koslov e.a., 1996; Захаров и др., 1997; Мокров, Гелашвили, 1999; Стрельцов, 1998, 1999; Дмитриев, 1998, 2000; Пакшаева, Кавеленова, 2001; Мокров, Силкин, 2002; Романова, 2002). Некоторые авторы предлагают в качестве объектов для оценки флуктуирующей асимметрии крапиву двудомную (Савинов, Баранова, 2002), сосну обыкновенную (Kozlov e.a., 2002), дербенник иволистный (Tarun e.a., 2002).

Несомненно, что поддержание билатеральной симметрии жизненно важно для животных организмов, обладающих подвижностью и возможностью активной быстрой реакции на внешнее воздействие. Однако для растительного организма, на наш взгляд, наличие абсолютно выраженной билатеральной симметрии листовой пластинки не является обязательным условием эффективного функционирования листа как метаболически активной структуры. Известно, что морфогенез листовой пластинки у двудольных растений осуществляется на основе полимеризации, олигомеризации, интеркалярного, акро- и базипетального роста, параллельного и дивергентного способов заложения боковых элементов. В модель морфогенеза листовой пластинки двудольных некоторыми авторами вводится до 8

[1] Рекомендуем ознакомиться с работой лаборатории биоиндикации Калужского государственного педагогического университета по материалам, представленным на ее сайте по адресу: http://kspu.kaluga.ru/biomon/index.shtml

эффекторов, модулирующих развитие, итогом чего становится морфогенетическая подвижность зачатка листа, выражающаяся в способности формировать в разной степени интегрированные структуры. Поэтому нестабильность развития листовой пластинки, отражающаяся в выраженности флуктуирующей асимметрии, справедливо соотносить исключительно с интенсивностью техногенного влияния только на фоне одинаковых прочих условий произрастания.

Что касается уровня изменчивости морфогенетических показателей листовой пластинки березы повислой, последняя в условиях г. Самары не только испытывает на себе влияние техногенного загрязнения, но и подвергается высоко изменчивым и зависящим от условий конкретного вегетационного периода климатическим воздействиям.

Проанализированные деревья березы повислой произрастали в рядовых (уличных и бульварных) искусственных насаждениях, в которых расстояние между деревьями в которых составляло 4,5 метра. Материал собирали с годичных побегов (по 2 листа из нижней части) одновозрастных (приблизительно одной высоты и диаметра ствола) берез первой категории жизненного состояния в период полного созревания листовой пластинки равномерно со всех сторон кроны на уровне 1,5 метра от поверхности почвы. Промеры листьев и последующая обработка данных производились на основе «Методического руководства по биоиндикационной оценке относительного качества среды методом анализа стабильности развития», разработанного лабораторией Калужского госпедуниверситета (Стрельцов, 1998).

Обнаружена асимметричность листовой пластинки березы по признакам: «ширина половины листовой пластинки», «длина второй жилки от основания листовой пластинки», «расстояние между основаниями первой и второй жилок», «расстояние между концами этих жилок», «угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой». Анализ распределения величин одного из наиболее частот отслеживаемых параметров – длины второй жилки, – показал, что некоторое несовпадение в распределении «правых» и «левых» параметров прослеживается во всех модельных насаждениях. Что касается показателя флуктуирующей асимметрии в его обычном исчислении (средняя разность правого и левого промеров, отнесенная к их сумме), диапазон варьирования значений данного показателя обнаружил зависимость от года наблюдений.

Так, наиболее выраженной была асимметрия листовой пластинки у березы повислой в 1998 г, вегетационный период которого отличался экстремально жаркой и засушливой весной (средняя температура мая +15.6^{0}С при количестве осадков 1.5 мм), когда формирование листовых пластинок

испытало на себе, помимо техногенного воздействия, влияние дефицита влаги. Весна 1999 г. отличалась средним уровнем температуры и достаточным количеством осадков, что способствовало «нормальному» формированию листовых пластинок. Прохладная погода весны 2000 г (средняя температура мая +10.1^{0}С) вновь способствовала видимому отступлению от стабильности развития листовых пластинок. Погодные условия весны 2001 при достаточной тепло- и влагообеспеченности создали возможность для формирования листовых пластинок с менее выраженным уровнем асимметрии (табл. 5). Для условий г. Самары не было выявлено различий в проявлении флуктуирующей асимметрии для высоковозрастных берез и деревьев, находящихся в генеративной стадии развития. На выраженность асимметричности слабо влияла принадлежность деревьев к разновидностям, различающимся характером трещиноватости ствола (экологически различные грубо-, продольно- и ромбовиднотрещиноватая разновидности, по Мухаеву, 1985).

Таблица 5

Диапазон варьирования средних значений показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки для березы повислой в насаждениях г. Самары

Район города Самары	Годы			
	1998	1999	2000	2001
Железнодорожный р-н	0,076		0,032…0,043	
Промышленный р-н	0,045	0,020	0,032…0,039	0,030
Октябрьский р-н	0,029	0,020	0,040	0,021…0,023
Ленинский р-н	0,024		0,038	
Красноглинский р-н	0,041	0.018		
Красный Яр (контр.)		0,018		

Примечание. Расчетный параметр – длина второй жилки листа березы.

Мы не исключаем перспективности оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы в природно-климатических условиях, более соответствующих экологическому оптимуму данного вида (лесная зона). В его пользу говорят в первую очередь высокая доступность, простота процедуры обследования и его дешевизна. Но для обширной, динамичной и гетерогенной территории города в лесостепи данный показатель обнаружил сильную подверженность влиянию погодных условий весеннего периода. Для введения в практику фитомониторинга показателей асимметрии для оценки «экологического неблагополучия» районов города следует продолжить работу и исключить естественную вариабельность показателей, которая может зависеть от эндогенных (возраст и др.) и экзогенных

(сезонная динамика условий среды и др.) факторов. На данном этапе исследований мы констатируем, что уровень асимметрии листовой пластинки обнаружил зависимость от конкретных условий местообитания и года наблюдения, с учетом этого можно предположить индикационную значимость признака «длина второй жилки от основания листовой пластинки».

Нормальное функционирование листового аппарата требует поддержания физиологической нормы водонасыщенности. Влияние водного дефицита на метаболические процессы в значительной мере зависит от его продолжительности. Длительный водный дефицит снижает интенсивность фотосинтеза и, как следствие, уменьшает образование АТФ в процессе фотосинтетического фосфорилирование (Полевой, 1989). Отдельные авторы установили определенную связь между общим количеством воды в тканях и устойчивостью растений, в работах других авторов наличие такой связи не подтверждено (Папикян, 1956; Ахматов, 1976; Таренков, Иванова, 1990). Водоудерживающая способность листьев древесных растений рассматривается в качестве одного из важных показателей водного режима растений, характеризующих их устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Растения менее выносливые часто имеют более низкий уровень данного показателя (Таренков, Таренкова, 1985, Таренков, Иванова, 1990). Имеются сведения о том, что показатели водного режима листьев древесных растений изменяются под влиянием техногенного загрязнения (Кулагин, 1974; Смирнов, 1986; Собчак, 1999), в частности, изменяется (зачастую снижается) интенсивность транспирации (Петрова, 1990; Пржевальская и др., 1990). Для жарких и влагодефицитных условий полупустыни в уличных насаждениях г. Алма-Ата обнаружено, что связь изменений водного режима древесных растений с загрязнением среды не только видоспецифична, но и зависит от погодных условий сезона наблюдения (Чекалин, Марзакулов, 1990)

Для ряда насаждений г. Самары нами было проведено определение общей оводненности листьев, оценка суточных потерь воды и водоудерживающей способности листьев. Поскольку ставилась задача проведения скрининга, то есть охвата возможно более обширного числа насаждений, мы отошли от классических приемов гравиметрического определения транспирационной активности листьев, который также дает возможность анализа видоспецифичных характеристик водного режима (Кулагин, 1998). Поскольку уровень оводненности и водоудерживающей способности листьев древесных растений для г. Самары ранее изучался (Здетоветский, 2000), в нашей работе внимание было ориентировано на выявление ведущих тенденций изменения параметров водного режима листьев в урбосре-

де. Выполнение данных наблюдений в режиме скрининга, при обследовании всех насаждений в течение одного дня (отбор и начало обработки проб осуществили в интервале 3 часов), позволило осуществить широкий охват территории, что сделало возможным обобщение данных способом изолинейного картирования.

Поскольку не все виды древесных растений были представлены в каждом из обследованных насаждений, рассмотрим результаты, полученные для березы повислой, клена ясенелистного и дуба черешчатого (рис.17). Последний, хотя и не представлен во внутригородских насаждениях, явля-

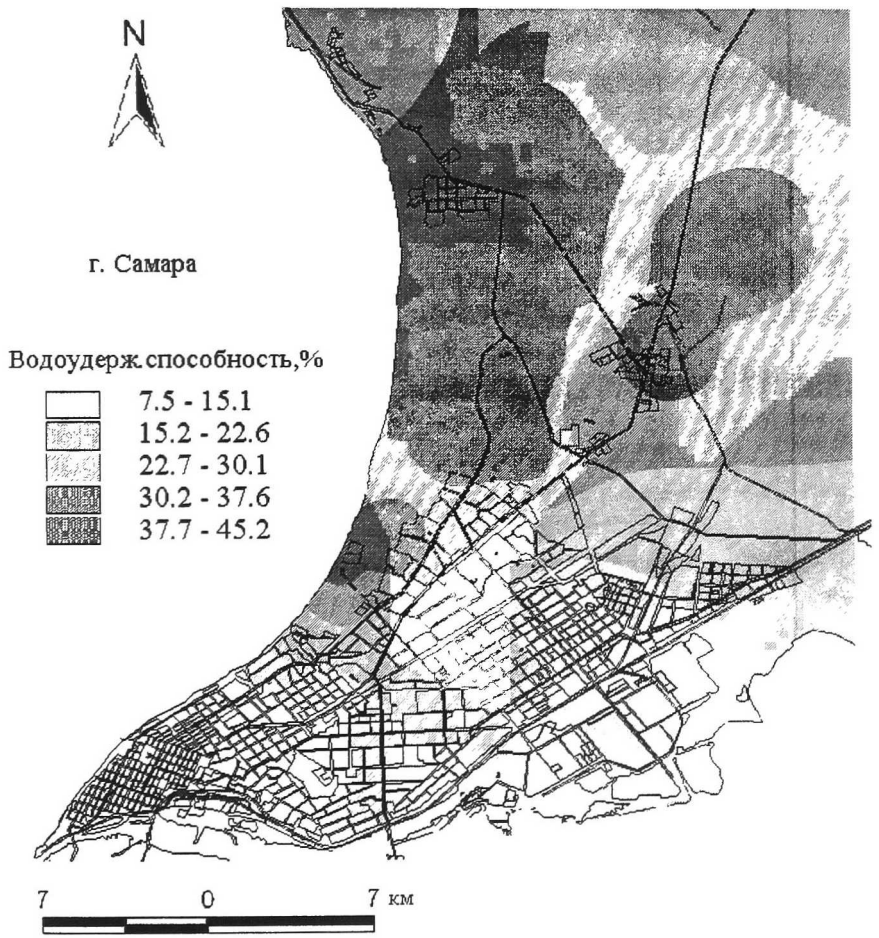


Рис. 17. Водоудерживающая способность листьев дуба черешчатого в насаждениях г. Самары (1999 г.)

ется массовым в крупных парках и представляет собой эдификатор пригородных лесов. Выбранные виды позволяют выявить тенденции изменения водоудерживающей способности у для местных видов и интродуцентов.

Для местных видов древесных растений, к которым принадлежат дуб черешчатый, береза бородавчатая, клен остролистный, липа сердцелистная, вяз гладкий, общей тенденцией было снижение уровня водоудерживающей способности листьев в урбосреде. Исключение составляла территория достаточно крупных парковых массивов, в случае расположения их в относительно благополучном в отношении чистоты воздуха районе. Причины этого явления могут быть связаны с относительным благоприятствованием условий городских насаждений для древесных растений при дефиците влаги в лесостепи (плодородие насыпного грунта, дополнительный полив в засушливый период) (Синельщиков, 1991). С другой стороны, ослабление водоудерживающей способности наблюдается при снижении жизненного состояния древесных растений (Таренков, Таренкова, 1985). Напротив, для видов-интродуцентов (клен ясенелистный, вяз мелколистный) ослабление водоудерживающей способности листьев в урбосреде не выявляется столь однозначно. Это вполне объяснимо, поскольку вид-интродуцент в новых природноых условиях должен формировать цельный ответ на воздействие всего комплекса природных факторов, в том числе не связанных с антропогенезом. Клен ясенелистный, характеризуемый американскими ботаниками как дерево речных долин, тяжелых увлажненных почв (Kimmerer, 1996-1997), в высоких точках рельефа должен адаптироваться к дефициту влаги.

Аналогичным должен быть и ответ на непривычные почвенные условия (произрастание на почве, формирующейся на известняках). Полученные результаты согласуются с наблюдениями, проведенными как в рамках исследований Комплексной биогеоценотической экспедиции кафедры экологии, ботаники и охраны природы СамГУ, так и в ходе работы руководимой нами студенческой лаборатории фитоиндикации в природных и городских насаждениях в 2001-2002 гг. С другой стороны, известны факты изменения активности устьичного аппарата листьев древесных растений в условиях техногенного загрязнения (Robinson e.a., 1998; Trapp e.a., 2000). Таким образом, можно предполагать, что использование показателей водного режима листьев древесных растений, предпочтительно – местных видов, открывает перспективы для выявления зон «экологического неблагополучия» древесных растений, в том числе и связанного с техногенным загрязнением.

С функциональной активностью листьев древесных растений тесно связаны их структурные особенности. Воспринимаемый нами как плоское тело – пластинка, лист на самом деле имеет объемный характер, и даже тканевые слои, формирующие поверхность – верхний и нижний эпидермис, имеют сложный характер рельефа. Впадины и выпуклости эпидермиса, увеличивая площадь соприкосновения листа с внешней средой, могут быть дополнительно усилены с помощью волосков (трихом), железок, выпуклости эпидермиса соответствуют областям прохождения жилок (нервации листа). Эпидермальные поверхности являются полем, где протекает оба вида транспирации – кутикулярная и устьичная, осуществляются газообмен и пылеосаждение. Как известно, Д.А. Сабининым и И.И. Колосовым было установлено, что в растительной ткани имеется определенный объем, доступный для свободной диффузии ионов и молекул, названный свободным пространством клетки (История биологии..., 1975). Если допустить, что ионы и молекулы при адсорбционном насыщении поверхности располагаются в один слой, то можно определить площадь на которой они адсорбируются. Эти данные легли в основу адсорбционных методов (Практикум по физиологии растений, 1972, 1990; Практикум по минеральному..., 1989). Для определения поверхности листовых пластинок Б.И. Якушевым, 1988, был с успехом применен метод, который разработан для других растительных органов со сложными очертаниями – корневых систем. Мы использовали методику Б.И. Якушева для ориентировочной оценки структурных особенностей листьев древесных растений в лесостепи. У древесных растений в природно-климатических условиях Белоруссии отношение верхней поверхности листа к его площади колеблется в пределах 6.6 (дуб черешчатый) – 9.7 (липа крупнолистная) (Якушев, 1988). Что касается некоторых других видов древесных растений, то у клена остролистного данный показатель равен 8.9, у липы мелколистной 9.4, у березы пушистой 8.3. Соотношение нижних поверхностей листовых пластин к их площади значительно ниже: клен остролистный – 3.4, дуб черешчатый – 2.7, липа мелколистная – 4.0, липа крупнолистная – 2.9, береза пушистая – 7.1 (Якушев, 1988). Данные показатели были получены для условий лесной зоны (Белоруссия) с присущим ей сравнительно более мягким и высоко влагообеспеченным климатическим режимом.

Можно предположить, что большая поверхность листа играет роль во влагообмене, в частности, в испарении воды с поверхности листа, так называемой кутикулярной транспирации (Полевой, 1989). Структура листовой поверхности изменяется в зависимости от биотопических особенностей (Ва-

сильев, 1988), в том числе при изменении плотности жилкования (нервации) в экологическом профиле урбосреды (Исаков, Висковатова, 1984).

Проведенные нами летом 2002 года исследования в различных биотопах и городских природных насаждений, показали, что показатель площади поверхности листовой пластинки высоко пластичен. Поверхность листа в подавляющем большинстве случаев многократно превосходила размеры его видимой измеряемой площади, что выявлено для всех изученных видов древесных растений и во всех модельных насаждениях (рис. 18).

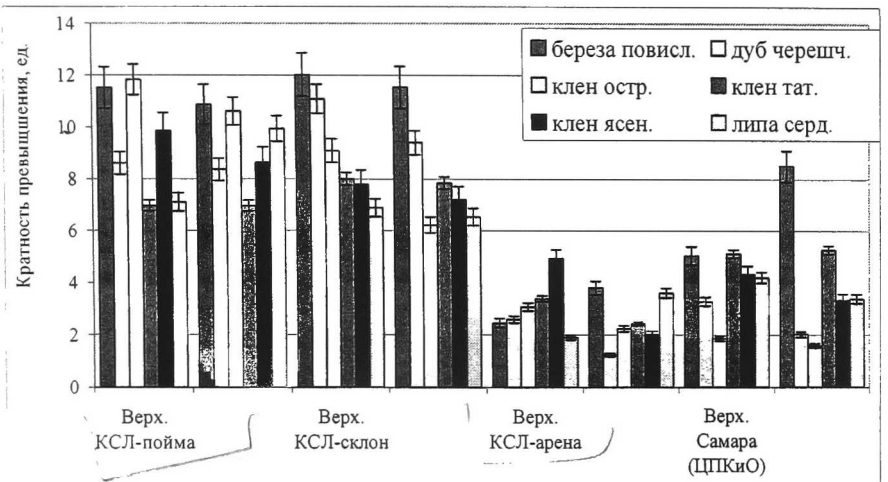


Рис. 18. Кратность превышения поверхностью листа его видимой площади у древесных растений в природных и городских насаждениях в лесостепи (вегетационный период 2002 г.).

В данном случае изменение объемной структуры листа для древесных растений может рассматриваться как проявление адаптации к специфическим особенностям гидротермического режима и эдафона местообитания. Так, даже в пространственно близких насаждениях в пределах одного лесного массива листья древесных растений одних и тех же видов структурно неоднородны при формировании насаждений в пойменной части, на склоне от поймы к арене, в аренной части речной долины.

Характерно, что сходные изменения с физиологической точки зрения могут являться результатом адаптации к различным факторам. Так, увеличение площади поверхности, потенциально способное привести к возрастанию транспирации, способно обеспечить растению дополнительные преимущества и в условиях избытка влаги (пойма), и на фоне переменчи-

вого уровня почвенного увлажнения (склон). Именно в данных насаждениях превышение площадью поверхности размеров видимой площади листа было выражено в наибольшей степени.

Более стабильные условия аренного местообитания, лишенного застоя влаги в почве, привели к формированию листьев с гораздо менее развитой поверхностью (арена). В городском парке в условиях надпойменной террасы р. Волги анализируемый показатель структуры листьев в целом приближался к показателям насаждений на арене Красносамарского лесничества, для березы повислой, дуба черешчатого, клена татарского и липы сердцелистной несколько превышая из значения (P>95). В данном случае ведущим фактором могло выступить увлажнение почвы, к которому в городе добавился слабый уровень техногенного загрязнения.

В разных насаждениях города пространственная конфигурация листовых пластинок будет обнаруживать различия в зависимости от комплекса условий биотопа в период их формирования, в том числе уровня загрязнения окружающей среды. Однако вопрос о возможности применения данного показателя в системе фитомониторинга ждет дальнейшего решения. Обстоятельство, которое может затруднить проведение скрининга с параллельным использованием нескольких видов, – относительная продолжительность процедуры оценки площади поверхности, при которой анализ показателей одного объекта (при достаточном количестве образцов-повторностей) требует не менее 60 мин (Якушев, 1989). Однако для полностью сформированных листьев древесных растений оценка данного параметра допускает проведение обследования в течение продолжительного периода.

6.3. Особенности метаболических процессов в листьях древесных растений в условиях урбосреды

Компоненты фитомассы, формируемой древесными растениями, характеризуются заметными различиями химического состава, что связано с особенностями тканевого строения и функциями разных органов растений. Так, для листьев с их активным обменом веществ и преобладанием клеток с живыми протопластами свойственно высокое содержание воды, присутствие среди компонентов сухой массы фотосинтетических пигментов (хлорофиллы А, В, каротиноиды), белков, органических кислот, жирных кислот, в том числе ненасыщенных (линолевая, линоленовая и др.) (Гудвин, Мерсер, 1986; Гэлстон и др., 1986). В листьях всех растений, а у ряда семейств – в значительном количестве присутствуют фенольные соедине-

ния, включая таннины (Волынец, Прохорчик, 1983; Запрометов, 1988, 1993). Содержание аскорбиновой кислоты и микроэлементов (золы) в листьях зачастую выше, чем в плодах (Методы биохимического..., 1987). Различия в биохимическом составе обнаруживаются также для листовых пластинок и черешков, где преобладают проводящие и механические ткани и почти отсутствует мезофилл: концентрация азота и хлорофилла в черешках составляют около 30 % и 10 % соответственно от их уровня в листовых пластинках, в черешках содержится меньше лигнина, но выше концентрация структурных полисахаридов.

Несомненно, что состав листовой массы древесных растений будет характеризоваться определенной видоспецифичностью, обнаруживать зависимость от экологических особенностей растений и условий формирования фитомассы (Жунгиету, Жунгиету, 1991; Сергейчик, 1994, 1999). У листопадных растений химический состав листьев будет закономерно изменяться в течение вегетационного периода. Для условий г. Самары в течение ряда лет нами проводилась оценка содержания в листовой массе некоторых древесных растений фотосинтетических пигментов, водорастворимых фенольных соединений, свободных аминокислот, зольных веществ.

Обобщение данных 1997-2001 гг. показало, что сезонная динамика ряда биохимических показателей листовой массы характеризуется чертами сходства у различных древесных видов и согласуется с особенностями развития и функционирования листьев в течение вегетационного периода. Продемонстрируем ее для листьев березы повислой (местный вид) и ясеня ланцетного (интродуцент), используя результаты наблюдений 1997г. Этот вегетационный период в условиях г. Самары с присущим ей континентальным климатом характеризовался температурным режимом, близким к среднемноголетней норме, а количество осадков превышало норму. Несколько засушливые условия наблюдались лишь во второй половине августа. Иными словами, данный вегетационный период не сопровождался засухой, а дневные температуры выше $+30^0$С имели не более 14 дней за вегетационный период.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях березы достигало максимума в июне-июле, к августу снижалось примерно вдвое, к сентябрю в зависимости от пункта наблюдений находилось на уровне одной четвертой – одной шестой от сезонного максимума. Наибольшее количество, как и максимально выраженные его изменения, были обнаружены для хлорофилла А (до 2.3-2.5 мг/г в июне), тогда как количества хлорофилла В и каротиноидов были близки и характеризовались сходной динамикой. Для листьев ясеня ланцетного содержание пигментов, на фоне близкого количественного уровня и похожей динамики, обнаружило снижение в июле,

возможно, вызванное воздействием высоких температур и локального уровня загрязнения воздуха. Снижение функциональной активности листового аппарата ясеня в наиболее жаркое время, не обнаруженное для березы, может рассматриваться как реакция вида – интродуцента на термический режима новых природных условий. Количество пигментов несколько различалось у обоих видов в пригородных и разных городских насаждениях.

Особенности года вегетации влияли на общую картину сезонной динамики, что мы хотели бы показать на примере фотосинтетических пигментов. Для анализируемого насаждения (группа берез в насаждении на пересечении Московского шоссе и ул. Советской Армии) отклонения от среднемноголетней (типичной) динамики выявлялись для хлорофиллов А, В, каротиноидов в любой отрезок вегетационного периода. Укажем на наиболее заметные черты этих изменений в каждый год наблюдений (рис. 19). Так, в сезоне 1997 г. это выразилось в быстром накоплении пигментов на фоне благоприятного гидротермического режима весны-начала лета. Засушливые осенние условия не обеспечили в этом году полной реутилизации соединений азота, и в опаде было завышено содержание пигментов.

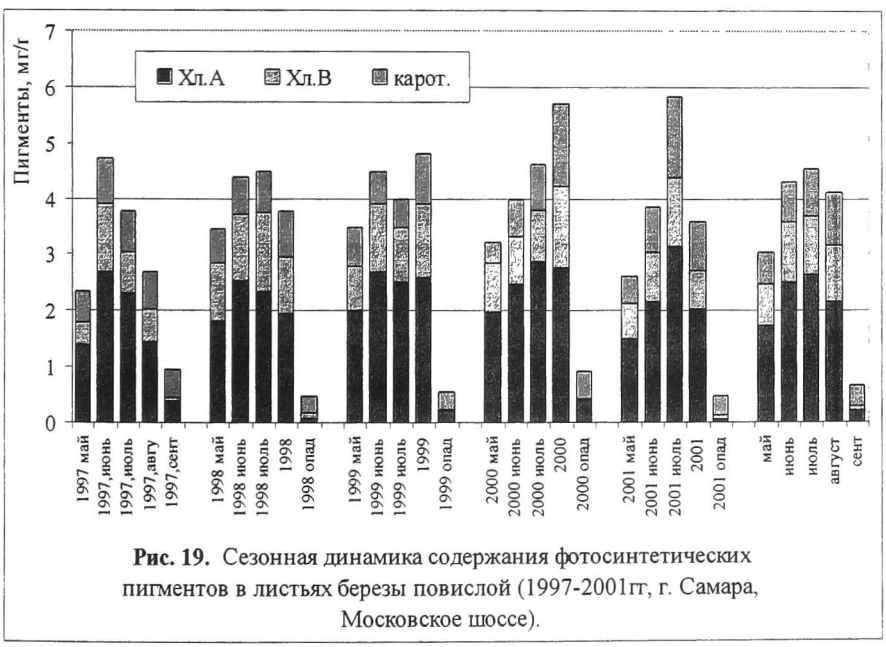


Рис. 19. Сезонная динамика содержания фотосинтетических пигментов в листьях березы повислой (1997-2001гг, г. Самара, Московское шоссе).

В засушливом 1998 г. практически не был выражен отчетливый июльский максимум содержания пигментов, что может рассматриваться как

свидетельство неблагоприятности гидротермических условий данного года. Условия 1999 г, в целом благоприятные, способствовали синтезу дополнительных количеств фотосинтетических пигментов во второй половине лета, чего не отмечалось в прочие годы. Вегетационный период 2000 г., в целом благоприятный, отличался прохладной весной и несколько замедленным старением листьев, которые дольше обычного сохраняли высокую фотосинтетическую активность. Наконец, в 2001 г. показатели пигментного аппарата листьев березы продемонстрировали отчетливую выраженность июльского максимума, визуально совпадающего с температурной кривой.

Расчитав условный показатель относительной разницы содержания фотосинтетических пигментов для листьев березы данного насаждения в различные годы мы отмечаем в целом логическую согласованность его значений с отклонениями погодных условий от условной физиологической нормы потребностей растения. *Изменчивость погодных условий весеннего и осеннего периодов определяют различную скорость формирования и деградации пигментного аппарата в различные годы. Середина вегетационного периода, как правило, демонстрирует определенную стабилизацию картины. Иными словами, уровень содержания фотосинтетических пигментов наиболее изменчив в молодых листьях и опаде.* У метаболически активных, зрелых листьев наибольшей вариабельностью отличались показатели содержания хлорофилла В и суммы каротиноидов. Рассмотрим другие показатели метаболизма листового аппарата в их сезонной динамике. Содержание свободных аминокислот в листьях березы, высокое в начале вегетационного периода, во время формирования листового аппарата (0.9-1.5 мг/г сухой массы), в июне несколько снижалось (до 0.3-0.6 мг/г), далее наблюдался июльский подъем (до 1.1 мг/г), очевидно, вызванный воздействием высокой температуры. После августовского снижения содержания аминокислот к сентябрю их количество в листьях березы вновь возрастало, достигая 0.7-1.2 мг/г, вероятно, в результате связанного со старением листьев протеолиза. Что касается ясеня, для него практически в течение всего вегетационного периода было свойственно меньшее количество свободных аминокислот в листьях. На этом фоне июльский подъем был выражен слабее (0.3-0.5 мг/г), а сентябрьские показатели почти достигали уровня аминокислот в листьях березы. Это могло говорить о меньшей способности адаптироваться к повышенной температуре и ускоренном старении листьев (Кавеленова и др., 2001, 2002). Водорастворимые фенольные соединения в листьях березы и ясеня обнаруживались в наибольших количествах в начале вегетационного периода (1.3-2.4 и 1.1-2.0 мг/г сухой массы) и его

конце (2.9-4.5 и 2.8-4.2 мг/г соответственно). Это соответствовало использованию низкомолекулярных фенолов для лигнификации формирующихся проводящих и механических тканей побега (май) и накоплению фенолов в стареющих листьях, подготовке побега в целом к будущему периоду покоя (август-сентябрь). Количество фенольных соединений и аминокислот также обнаруживало зависимость от уровня загрязнения и других условий местообитания.

Определение метаболических показателей листового аппарата в фитомониторинге имеет определенные перспективы. Пигменты, фенольные соединения, свободные аминокислоты рассматриваются рядом авторов в качестве соединений, реагирующих изменениями концентрации на уровень техногенного загрязнения (Кулагин, 1974, 1985; Илькун, 1978; Николаевский, 1979; Барахтенова, Николаевский, 1988; Сергейчик, 1994; Биохимические..., 1997; Кулагин, 1998). В то же время в лесостепи следует, проводя скрининг по этим показателям, четко отделять сезонно обусловленные или связанные с особенностями вегетационного периода черты от влияния техногенеза и других составляющих в комплексе биотопических условий.

Так, на фоне обширной территории города неодинаковые биотопические условия, а также определенное несовпадение сроков прохождения фенофаз в различных насаждениях (Wiegolaski, 2001), причиной которого являются различия микроклиматических условий (Елагин, 1990), делают нецелесообразным проведение оценки пигментного аппарата до достижения листовыми пластинками полной зрелости или после начала осеннего изменения окраски листьев. С другой стороны, ускоренное техногенным загрязнением старение листьев, а в отдельные годы – и дефицит влаги в условиях г. Самары иногда становятся причиной преждевременного листопада, который у некоторых древесных видов может начаться в августе (наблюдали для видов рода тополь, березы повислой летом 1998 г.). Оценка содержания свободных аминокислот и конкретно – пролина должны проводиться с учетом температурного режима периода вегетации. При активизации их накопления под воздействием экстремально высоких температур и дефицита влаги вклад техногенного воздействия станет менее заметным (Кавеленова, 1999).

Для фитомассы, формирующейся в условиях техногенно загрязненной городской среды, по сравнению с образцами из незагрязненных территорий, отмечалось более высокое накопление зольных элементов (Коршиков, 1994; Степень и др., 1996; Шихова, 1997; Безель и др., 1994, 1998; Гиниятуллин и др., 1998; Hrdlicka, Kula, 1998; Wyttenbach, Tobler, 2000; Черны-

шенко, 2001). Для урбосреды в лесостепном Среднем Поволжье (г. Самара) нами было отмечено для листьев березы и ясеня в городских условиях содержание золы в среднем около 7.2 и 9.0 % сухой массы, а в пригородных насаждениях – 5.8 и 7.7 % соответственно. Повышение зольности может рассматриваться как суммарный эффект аэрального поглощения газообразных загрязнителей и осаждения пылевых частиц на поверхности листьев. Скрининг-оценка содержания золы в листьях ряда древесных растений, проведенная в августе 1999 г., позволила обобщить полученные результаты путем изолинейного картирования (рис. 20).

Оказалось, что для широколиственных древесных пород в пространстве урбосреды проявляется тенденция к снижению уровня зольности листьев (клен остролистный, дуб черешчатый, липа сердцевидная). Напротив, для березы повислой и вяза мелколистного в урбосреде зольность листьев возрастала, что наиболее отчетливо обнаруживал вяз мелколистный в районе Безымянской промышленной зоны. Для клена ясенелистного и ясеня ланцетного повышение уровня зольности наблюдалось как в техногенно загрязненном пространстве городской среды (в районах с повышенным уровнем загрязнения), так и в пригородных насаждениях.

Оговоримся еще раз, что, хотя многочисленные работы демонстрируют повышенное накопление зольных элементов в листьях древесных растений в условиях техногенного загрязнения (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Кулагин, 1998; Прохорова и др., 1998; Чернышенко, 2001), однако использование их в качестве аккумулирующих биоиндикаторов сталкивается с определенными проблемами (уровень накопления неорганических элементов связан с возрастными и видовыми особенностями, физиологическим состоянием растений, сопутствующими условиями произрастания). Но в нашем случае распределение показателей зольности листьев у ряда видов в целом совпадало с картиной техногенного загрязнения городской среды г. Самары.

Таким образом, анализ структурно-функциональных показателей древесных растений в урбосреде, на уровне организации от популяционного до метаболического, может найти приложение в системе фитомониторинга урбосреды. Получаемая информация важна как с позиций оценки состояния самих насаждений, так и для контроля за экологической ситуацией в различных районах города. Древесные растения, в силу длительного существования (Крамер, Козловский, 1963; Иванов, 1975), особо перспективны в оценке многолетних изменений окружающей среды.

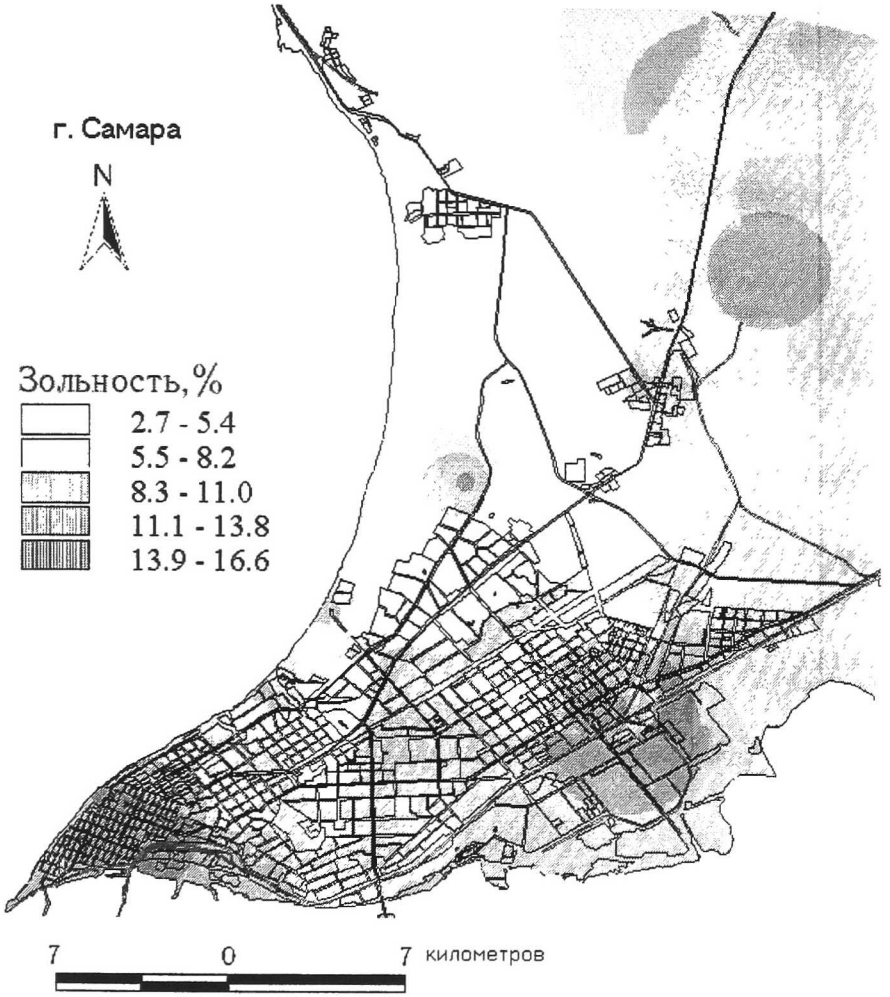


Рис. 20. Зольность листьев вяза мелколистного в насаждениях г. Самары (1999 г.)

Однако следует учитывать, что при сборе информации необходима оценка различных составляющих комплекса условий местообитания, хотя бы в балльной форме – для уровня техногенного загрязнения, освещенности, интенсивности циркуляции воздуха, положения в рельефе, и по наиболее общим показателям эдафического режима. Следует также учитывать возрастные особенности растений, поскольку у древесных видов в ходе развития существенно изменяется отношение к влаге и свету (Евстигнеев,

1988, 1996). Это делает необходимым сопоставление особей данного вида, принадлежащих по крайней мере к одной возрастной группе.

Из-за частых механических травм, причиняемых древесным растениям в урбосреде, следует с осторожностью отнестись к использованию их внешних признаков (многовершинность, суховершинность, усыхание частей кроны, изменение формы кроны и пр.) в качестве индикаторов техногенного загрязнения. Использование метаболических показателей в мониторинге должно производиться с учетом их функциональной динамики и погодных условий года наблюдений, а также подразумевать наличие неодинаковых тенденций к адаптации в урбосреде у различных местных видов и интродуцентов.

7. К ПЕРСПЕКТИВАМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ СТРУКТУР РАСТЕНИЙ В БИОМОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ УРБОСРЕДЫ

Растение представляет целостный организм, ресурсы которого распределяются между процессами репродукции и поддержанием собственного онтогенеза (Пианка, 1981). Его рост и развитие регулируются внешними и внутренними факторами, обеспечивая достижение устойчивости в онто- и филогенезе (Кириченко, 1984). Различные виды реализуют свои адаптивные стратегии, преимущественно развивая вегетативные либо генеративные структуры в зависимости от уровня экологического стресса (Усманов и др., 1991, 1995). В условиях техногенеза растения, как правило, снижают продуктивность, что выражается в снижении прироста, уменьшении размеров пыльцы, ухудшении ее свойств, снижении плодоношения (семяношения) и качества семян (Wolters, Martens, 1987).

Оценка качества генеративных органов растений в биомониторинге должна быть основана на предварительном изучении биологических особенностей видов, массовых в условиях городской среды. Для лесостепного Поволжья (на примере г. Самары) список таких видов, встречающихся практически в любом насаждении, был представлен нами ранее. Эти травянистые растения в первом приближении рассматривались нами как потенциальные индикаторы экологической ситуации, в том числе и уровня техногенного загрязнения. При этом были важны как изменения показателей генеративных структур, так и теснота их связи с экологическими факторами, влиянием условий года. Ниже будут проанализированы результаты, полученные для условий крупного индустриального центра в лесостепи при оценке качества пыльцы ряда видов растений и рассмотрены перспективы их использования в качестве фитоиндикаторов техногенного загрязнения.

Ход формирования и структурные особенности пыльцевого зерна (пыльцы) – мужского гаметофита семенных растений – детально изучены и излагаются в ряде руководств (например, Эрдтман, 1956; Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Сурова, 1975; Паушева, 1980; Нокс, 1985). Качество пыльцы оценивается такими показателями, как жизнеспособность и оплодотворяющая способность (фертильность)[1].

[1] Жизнеспособность пыльцевых зерен – это способность мужского гаметофита к росту на тканях пестика. Фертильность – это способность пыльцевого зерна вызывать полное оплодотворение. Наиболее высок процент фертильности в раскрывшемся цветке (фаза начала цветения), пыльники которого начали пылить. Признаками для оценки качества пыльцы являются содержание крахмала, активность пероксидазы и дегидрогеназ в пыльцевом зерне, способность окрашиваться ацетокармином (Паушева, 1980).

Загрязнение воздуха может вызывать снижение образование пыльцы, снижение переноса и жизнеспособности пыльцы, а также снижение ее прорастания, что продемонстрировано как для голосеменных, так и для цветковых растений (Шкарлет, 1974; Wolters, Martens, 1978; Частоколенко, Бондарь, 1990; Частоколенко и др., 1991: Федорков, 1992, 1995, 1999; Тарбаева, Ладанова, 1994; Тарбаева, 1998). В условиях техногенного загрязнения среды ингибируется прорастание пыльцевых трубок, изменяется активность дыхательных ферментов: дегидрогеназ, каталазы и пероксидазы (Бессонова, 1991; Бессонова, Лыженко, 1991; Завьялова, 1992; Hjelmroos, 2000; Зайцев, 2001; Попова, Таскаев, 2001). Снижение роста пыльцевой трубки происходит при снижении активности инвертазы, а снижение активности амилазы свидетельствует о подавлении мобилизации крахмала и, соответственно углеводов в процессе прорастания пыльцы. Пыльца растений с загрязненных участков характеризуется более низкой активностью кислой фосфатазы, что приводит к нарушению усвоения пыльцевой трубкой органических соединений пестика (Бессонова, Лыженко, 1991). Активность пероксидазы может уменьшаться и увеличиваться в зависимости от устойчивости растений к загрязнителям и жизнеспособности пыльцы. Стерильность пыльцы также может коррелировать с уровнем загрязнения окружающей среды (Кавеленова и др., 1996: Филимонова, 2001). Прослеживаются также анатомо – морфологические нарушения: так, испанскими исследователями для индустриального района было выделено от 16 до 25 типов пыльцы, причем некоторые пыльцевые типы были показаны только в особых зонах со стойкими «островными биологическими загрязнениями» вокруг городов (Carinanos e.a., 2000)

Длительное изучение качества пыльцы древесных и травянистых растений в условия г. Самары и анализ литературных источников позволяют нам сделать некоторые общие замечания. Виды, которые могут рассматриваться в качестве потенциальных биоиндикаторов условий урбосреды, должны иметь достаточно широкое распространение в пределах городской территории, допустимо использование как местных, так и удачно натурализовавшихся интродуцированных видов. Следует обратить внимание на сроки цветения потенциальных объектов пыльцевого скрининга: это могут быть раноцветущие анемофильные растения (нами в данном отношении анализировалось качество пыльцы березы повислой, возможно изучение видов родов клен, тополь и ива), цветущие в более поздние сроки энтомофильные растения, как травянистые, так и древесные (нами рассматривались цикорий, виды родов яблоня, роза, рябина, липа) и

повсеместно присутствующий одуванчик лекарственный, цветущий в условиях г. Самары практически в течение всего вегетационного периода.

Обстоятельством, снижающим потенциальную пригодность видов в качестве индикаторов, являются, например, склонность к апомиксису, обнаруживаемая многими дикорастущими злаками, и труднодоступность пыльценосных структур, чем отличаются деревья с непоникающими кронами, в которых ветви подняты высоко над землей – многие виды рода *Populus*. Последним свойственно также сравнительно легкое образование межвидовых гибридов, широко используемых в озеленении городов, что затрудняет определение видовой принадлежности объектов наблюдений.

Из литературы известно, что и сроки распускания почек, и собственно цветение (выброс пыльцевых зерен у анемофильных растений) изменяются от года к году (например, Hallsdottir, 2000;. Latalowa, Jaworska, 2000; Rodriguez–Rajo e.a., 2000; Willems, Trepels, 2000). Многолетним растениям-фанерофитам свойственна определенная цикличность интенсивности образования пыльцы (Hallsdottir, 2000). Специальные фенологические наблюдения не входили в программу наших исследований, однако длительное изучение жизнедеятельности растений в условиях г. Самары позволило составить общую картину, отражающую время цветения наиболее распространенных видов высших растений. Поскольку погодные условия и особенно весенняя часть вегетационного периода в лесостепи характеризуются высоким уровнем изменчивости из-за несхожести условий различных лет, в таблице 6 указаны достаточно широкие временные рамки, а не конкретные даты.

Многие из растений, названных в таблице, рассматривались нами в условиях г. Самары как потенциальные биомониторы, качество пыльцы которых могло обнаружить зависимость от условий местообитания. Определение качества пыльцы проводилось тремя различными способами (йодным, Шардакова и ацетокарминовым по руководству Паушевой, 1980). Для ряда видов показатели, полученные с помощью этих методик, были достаточно близкими, поэтому проведение пыльцевого скрининга может использовать йодный метод из-за быстроты процедуры, общедоступности и нетоксичности используемых реактивов.

Для большинства исследованных видов растений в городской среде г. Самары наблюдалось возрастание разнокачественности проб пыльцы, что выражалось как в увеличении доли стерильной пыльцы, так и в появлении большего количества мелких пыльцевых зерен (Кавеленова, 1996; Кавеленова и др., 1996, Филимонова, 2001). Однако не каждый из этих видов демонстрировал связь изменений качества пыльцы с уровнем техногенного загрязнения, выявлявшуюся методом корреляционного анализа.

Таблица 6

Время цветения распространенных видов высших растений в насаждениях г. Самары (составлено по наблюдениям 1991-2001 гг)

Вид	Цветение	Примечания
Ива белая	Середина апреля	Сравнительно редко используется в насаждениях
Тополь черный, др. виды и гибриды	Вторая декада апреля	Затруднен отбор образцов и определение видовой принадлежности экземпляров
Клен ясенелистный	Конец апреля	Участвует в уличных и парковых насаждениях, формирует волюнтарные заросли
Береза повислая*	Конец апреля – начало мая	Широко используется в городских насаждениях
Клен остролистный	Конец апреля – начало мая	Распространение в городских насаждениях ограничено парками
Черемуха обыкновенная	Первая декада – середина мая	Цветение совпадает с возвратом холодов; распространена не повсеместно
Одуванчик лекарственный*	Первая декада мая – середина сентября	Вид распространен в условиях города практически повсеместно
Черемуха виргинская	Вторая – третья декада мая	Вид распростран в насаждениях не повсеместно
Боярышник полумягкий и др. виды	Вторая – третья декада мая	Ряд видов используется в городских насаждениях
Рябина обыкновенная*	Вторая – третья декада мая	Широко используется в городских насаждениях
Яблоня ягодная*	Вторая – третья декада мая	Вид распространен в насаждениях не повсеместно
Каштан конский обыкновенный	Вторая – третья декада мая	Вид распространен в насаждениях не повсеместно
Кардария крупковая	Третья декада мая	Массовые скопления в различных точках (на несформированных газонах)
Липа крупнолист.*	Середина июня	Отсутствует вне городских насаждений
Липа мелколистная*	Первая декада июля	Широко представлена в городских насаждениях, но не повсеместно
Цикорий обыкновенный*	Начало июля – конец августа	Вид распространен в условиях города практически повсеместно
Роза колючайшая* и др. виды	Середина – конец июня	Вид распространен в насаждениях не повсеместно
Чубушник венечный*	Вторая половина июня	Вид распространен в насаждениях не повсеместно
Вьюнок полевой	Начало июля – конец августа	Вид распространен в условиях города практически повсеместно
Донник лекарственный*	Начало-середина июля	Широко распространен в волюнтарных городских насаждениях
Полынь обыкновенная, циклахена дурнишниколистная	Середина июля – август	Массовые волюнтарные скопления на пустырях уничтожаются в процессе благоустройства города

* виды, для которых в насаждениях г. Самары обследовалось качество пыльцы.

В качестве потенциальных индикаторов уровня техногенного загрязнения можно рассматривать чубушник венечный, яблоню ягодную, цикорий обыкновенный, розу бедренцеволистную, липу мелколистную. Характер изменений качества пыльцы у разных видов также был неодинаков.

Так, с увеличением уровня загрязнения увеличивалась доля стерильной пыльцы рябины обыкновенной; слабо уменьшалось количество мелкой крахмалоносной пыльцы донника лекарственного; увеличивалось количество мелкой жизнеспособной пыльцы цикория обыкновенного, дефектной и мелкой пыльцы одуванчика лекарственного (рис. 21).

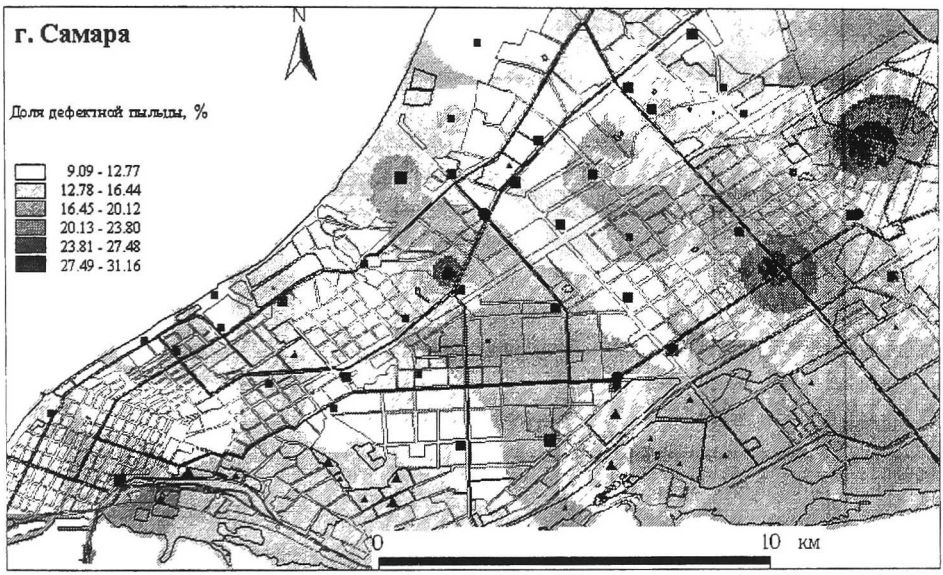


Рис.21. Результаты изолинейного зонирования центральной части территории г. Самары в соответствии с качеством пыльцы одуванчика лекарственного

При отсутствии данных об актуальном уровне загрязнения окружающей среды в каждой из обследованных точек городской территории необходимо было использовать условную оценку уровня загрязнения. В этом качестве мы применили ИПТ (индекс промышленно-транспортный), принцип применения которого рассматривается в следующей главе. Оценка весной 1998 г. качества пыльцы березы повислой, вида-монитора с наиболее широким распространением в насаждениях на территории г. Самары, была проведена с последующим распределением показателей в зависимости от уровня ИПТ (показатели в зонах 1-4 и контрольной территории). Данный прием позволил нам обнаружить возрастание гетерогенности проб пыльцы в условиях техногенного загрязнения. Новые возможности откры-

ло приложение к полученным данным методов компьютерного геоэкологического картирования. Так, для березы повислой в наиболее крупных парковых массивах внутри городской территории наблюдалось формирование пыльцы, по качеству приближенной в образующейся в экологически чистых условиях. Зоны снижения ее качества в целом совпадали с районами наиболее вероятного высокого загрязнения городской среды. Другим примером, на котором мы остановимся, было общее снижение качества пыльцы у липы сердцелистной в городских насаждениях, что, однако, не выявлялось в условиях парковых массивов. У цикория обыкновенного в техногенно загрязненной среде возрастала доля мелкой пыльцы, что особо выражалось в условиях Безымянской промзоны и районов, подвергающихся влиянию техногенных выбросов от источников загрязнения Куйбышевского района.

Нами не оценивалась еще одна группа городских растений, которые также предлагались в качестве потенциальных биомониторов – декоративные однолетники, которые, по мнению В.П.Бессоновой и соавт., 1997, представляют достаточно чувствительные в данном отношении и наиболее долгоцветущие виды. Дело в том, что их использование в системе озеленения г Самары отличается неравномерностью размещения: клумбы с этими растениями в основном привязаны к автомагистралям, парадным объектам озеленения (скверы, набережные, парки) и почти не представлены внутри селитебной зоны. Однако при условии создания более равномерной сети подобных объектов озеленения данные, полученные В.П. Бессоновой и ее соавторами, 1997, в условиях Украины, могут быть использованы и в сети фитомониторинга в г. Самаре.

Используя показатели пыльцы различных видов растений в фитомониторинге, следует учитывать, что в норме пыльцевым зернам различных видов растений свойственны различные уровни ферментативной активности, содержания крахмала, пролина, разные сроки сохранения жизнеспособности (Кравченко, 1999). Наши данные показали также, что и сами изменения качества пыльцы у различных объектов могут носить специфический характер (увеличение доли мелких пыльцевых зерен, стерильной, дефектной пыльцы). Это делает, на предварительном этапе, необходимым пристальное изучение качества пыльцы различных видов растений с одновременным привлечением нескольких способов его оценки.

8. ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ФИТОМОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УРБОСРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ

Оценка качества урбанизированной среды, насыщенной разнообразными источниками загрязнения атмосферы, наряду с теоретическим, имеет важнейшее практическое значение. Однако использование физических, физико-химических, химических методов обследования, при их высокой точности, не может создать полной картины экологической ситуации. Это связано как с ограниченным числом точек на территории города, где проводится инструментальный контроль загрязнения, так и с собственно точечным характером получаемой информации. Инструментальный контроль дает информацию о концентрации загрязнителей, присутствующих в воздухе на данный момент времени. Следует также отметить, что загрязнители, присутствующие в окружающей среде в низких концентрациях, как правило, не отслеживаются, хотя их влияние на природные объекты сохраняется.

Напротив, природные компоненты урбосреды, и в первую очередь растения как объекты фитомониторинга могут использоваться для получения информации как о недавнем и кратковременном, так и о длительном (хроническом) воздействии загрязняющих веществ в течение определенного периода времени в прошлом (Украинцева, 1991). Пороговые концентрации загрязнителей, влияющих на растительные и животные организмы, зачастую существенно различаются (Николаевский, 1979; Николаевский, Якубов, 2001, 2001б), а поскольку практика использования существующих нормативов ПДК основывается на реакциях животных организмов, растения в ряде случаев оказываются более чувствительными сенсорами. Наконец, анализируя реакции растений в составе зеленых насаждений города, мы приобретаем возможность определения ответных реакций, интегрированных во времени и в пространстве.

В последнее время широко обсуждается проблема биоиндикации техногенного загрязнения с использованием растений для промышленных зон и городской среды, однако в большинстве подобных работ российские исследователи обращаются к условиям лесной зоны (например, Стрельцов, 1999; Николаев, Якубов, 2001а; Черненькова, 1991, 2002), хотя ранее в этом плане также привлекали к себе внимание лесостепь и степь Украины (Коршиков и др., 1995). Экологическая оценка состояния лесных массивов и урбанизированных территорий в лесной зоне могут успешно осуществ-

ляться с привлечением показателей хвойных растений и эпифитных лишайников (Жидков, 1995; Баканов,1997; Байбаков, 2003).

Говоря об особенностях создания системы фитомониторинга городской среды в лесостепи Среднего Поволжья, где подобные проблемы ранее не анализировались, мы должны опираться как на общие экологические закономерности, так и на учет местных природно-климатических условий.

К числу общих экологических и эколого-физиологических закономерностей следует отнести:

– интегрированный характер ответных реакций растений на весь комплекс условий местообитания, несводимый к ответу исключительно на техногенное загрязнение. Результатом является необходимость оценки, хотя бы в условной балльной системе, параметров модельных насаждений (положение в рельефе, особенности почвы, режимов увлажнения и светового…)

– неодинаковый уровень газоустойчивости различных видов высших растений, который позволяет рассматривать их в качестве объектов, в различной мере повреждаемых одной и той же концентрацией поллютанта в воздухе. Однако в условиях техногенно загрязненной городской среды практически для любого вида растений могут быть обнаружены (и обнаруживаются) на всех уровнях организации в разной мере выраженные структурно-функциональные отклонения от средней экофизиологической «нормы». Поэтому необходимость предварительного изучения множества видов и последующий выбор немногих из них в качестве индикаторных несомненны.

– определенные экофизиологические показатели, которые обнаруживают зависимость от уровня техногенного загрязнения и могут быть применены в качестве индикационных, характеризуются сезонной динамикой. На экспериментальной основе должен быть осуществлен выбор периодов, в которые будет проводиться скрининг, и точки в городских насаждениях, где будет собираться информация.

Специфика условий лесостепи будет определяться пространственно-временной гетерогенностью, существование которой особенно отчетливо обнаруживается в городских агломерациях с высокой численностью населения и интенсивным развитием промышленности.

– удаление от источников техногенного загрязнения – промышленных предприятий и городской территории в целом одновременно означает изменение биотопических условий (положения в рельефе, свойств почвообразующих пород и почвы, микроклиматических условий). Поэтому пространственная гетерогенность городских условий в лесостепи ставит под сомнение возможность соблюсти правило единственного различия при выборе контроля. Мы предполагаем, что в этом случае необходимо формиро-

вать своего рода ореол модельных пробных площадей в насаждениях по периметру городской территории.

– в годы с уклоняющимися погодными условиями (экстремально жаркая либо затяжная и необычно холодная весна, избыточно жаркие и засушливые летние месяцы и пр.) будут наблюдаться изменения сроков прохождения растениями ведущих фенофаз, отклонения структурно-метаболических показателей от среднемноголетней нормы. Эти абиотические условия могут усилить либо ослабить ответную реакцию растений на техногенное загрязнение. В зависимости от условий конкретного года может быть целесообразен отказ от использования отдельных фитоиндикационных показателей, то есть годичная корректировка программы наблюдений.

Приведем краткий обзор наших исследований, проводившихся в 1990 - 2001 гг. в г. Самаре (рис. 22). Можно заметить, что более чем для 20 видов цветковых растений, как местных, так и интродуцентов, отмечались изменения различных структурно-морфологических признаков в условиях техногенно загрязненной городской среды (г. Самары). Однако корреляционный анализ показал, что лишь часть отмеченных изменений обнаруживала связь с уровнем техногенного загрязнения, тогда как другим изменениям была свойственна связь с какими-либо биотопическими условиями гетерогенной городской среды. Так, в г. Самаре при сравнительно высоком уровне загрязнения воздуха у ряда анемо- и энтомофильных растений снижалось качество пыльцы (у березы повислой, липы сердцевидной и крупнолистной, и ряда других видов), фиксировалось возрастание уровня варьирования качества пыльцы березы повислой, липы сердцевидной, цикория обыкновенного. При этом наиболее тесная корреляция связь была обнаружена между уровнем загрязнения воздуха и долей стерильных пыльцевых зерен ($r = 0,77$) у цикория и долей мелких фертильных пыльцевых зерен у липы крупнолистной ($r=0.73$). Другие показатели генеративной сферы (семенная продуктивность ряда массовых травянистых и древесных видов, морфологических и биохимических показателей плодов ясеня ланцетного, рябины обыкновенной, лип сердцевидной и крупнолистной) обнаружили изменения, не ограничивавшиеся влиянием техногенного загрязнения. Наиболее обширные наблюдения были выполнены для показателей вегетативных органов, в первую очередь листового аппарата древесных растений. Заметим, что именно в этой группе показателей мы обнаружили подтверждение тому положению, что индикаты, «работающие» в одних природно-климатических условиях, могут утрачивать свою значимость в других условиях. Примером для условий г. Самары являются показатели флуктуирующей асимметрии у листьев березы повислой, которые не только предлагаются для использова-

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАСТЕНИЙ	ЭФФЕКТ ПРИСУТСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ	*Наблюдали в условиях г. Самары для следующих растений*
ЦВЕТКИ/ШИШКИ		
Образование пыльцы, семяпочек ⇐	Уменьшение количества пыльцы	
Опыление ⇩	**Подавление переноса, снижение жизнеспособности пыльцы**	*Betula pendula, Cichorium intybus, Malva rosea, Malus baccata, Melilotus album, M. officinalis, Taraxacum officinale, Tilia macrophyllos, T. cordata, Rosa canina, R. pimpinellifolia, R. rugosa, Sorbus aucuparia, Philadelphus coronarius*
Оплодотворение ⇦	Подавление прорастания пыльцы	
Образование плодов и семян ⇐	**Угнетение образования плодов и семян**	*Atriplex tatarica, Betula pendula, Fraxinus lanceolata, Tlaspi arvense* *Acer negundo, Betula pendula, Fraxinus lanceolata, Tilia cordata, T. plathyphyllos, Sorbus aucuparia*
⇩	**Изменение размеров и качества плодов, семян**	**Параметры** *Fraxinus lanceolata, Tilia cordata, T. plathyphyllos, Sorbus aucuparia,* **содержание липидов - семена** *Acer negundo, Fraxinus lanceolata, Tilia cordata, T. plathyphyllos*
СЕМЕНА		
Прорастание семян ⇐	**Снижение всхожести семян**	*Acer negundo, Fraxinus lanceolata, Tlaspi arvense, Taraxacum officinale*
ПРОРОСТКИ		
Развитие проростков ⇐ ⇩	**Угнетение роста проростков**	**При биотестировании почвы** - проростки *Lepidium sativum, Triticum aestivum*, **оценка качества семян - *Acer negundo, Fraxinus lanceolata***
Ювенильная стадия	**Нарушение развития проростков**	
Формирование вегетативных органов ⇐ ⇩	**Изменение показателей роста вегетативных органов**	**Побеги** *Acer negundo, Betula pendula, Picea abies, P. pungens, Tilia plathyphyllos*; почки *Aesculus hyppocastanum, Syringa vulgaris, Tilia plathyphyllos*; **растения** *Poa angustifolia*, **листья** *Acer negundo, Betula pendula, Tilia plathyphyllos*
	Изменение показателей обмена веществ вегетативных органов	**Содержание пигментов в листьях** *Acer negundo, Betula pendula, Tilia cordata, T. plathyphyllos, Picea abies, P. pungens, Sorbus aucuparia*, **почках и коре** *Acer negundo, Betula pendula*, **фенолов и аминокислот в почках** *Acer negundo, Betula pendula*, **листьях** *Acer negundo, Betula pendula, Fraxinus lanceolata, Tilia plathyphyllos, T.cordata, Sorbus aucuparia,* **золы в листьях** *Acer negundo, A. platanoides, A. tataricum, Betula pendula, Fraxinus lanceolata, Populus nigra, Quercus robur, Sorbus aucuparia, Tilia cordata, T. plathyphyllos*
ВЗРОСЛЫЕ РАСТЕНИЯ		
Цветение	Сокращение сроков	
СТАРЕНИЕ, ОТМИРАНИЕ РАСТЕНИЙ ⇐	**Ускорение старения растения, его органов**	Ускоренное опадение хвои *Picea abies, P. pungens.*

Рис. 22. Влияние условий урбосреды на высшие растения в лесостепи (г. Самара)

ния в целях фитоиндикации (Захаров, 1997), но и уже применяются в системе биомониторинга в условиях г. Калуги, в лесной зоне (Стрельцов, 1995). Для условий г. Самары наиболее сильное влияние на формирование асимметрии листовой пластинки оказывали особенности температурного и водного режима конкретных местообитаний, а не техногенное загрязнение.

Показатели метаболизма листьев древесных растений (количество и соотношения фотосинтетических пигментов, растворимых фенольных соединений, свободных аминокислот, золы и др.) обнаружили различия как для разных точек внутри городской территории, так и в сравнении городских и пригородных насаждений. Это положение было подтверждено для 14 видов древесных растений, но лишь у некоторых показателей изменения коррелировали с уровнем техногенного загрязнения (табл. 7).

Таблица 7

Значения коэффициента корреляции содержания зольного компонента в листьях древесных растений с биотопическими особенностями насаждений г. Самары (август 1999)

Виды древесных растений	Положение в рельефе*	Уровень загрязнения воздуха*	Уровень освещенности*	Hd **	Rc **	Nt **	fH **
Acer platanoides	-0,50	-0,07	-0,09	-0,02	-0,22	0,23	0,07
Acer negundo	-0,75	-0,75	0,40	0,01	-0,06	-0,29	-0,16
Fraxinus lanceolata	-0,35	-0,58	0,77	-0,41	0,41	-0,84	-0,97
Quercus robur	0,12	0,61	-0,22	-0,59	0,60	0,88	0,83
Tilia cordata	-0,06	-0,03	0,14	0,63	-0,67	-0,36	-0,22
Tilia plathyphyllos	0,11	0,11	-0,59	0,18	-0,18	0,68	0,89

* Оценка положения в рельефе, светового режима, уровня загрязнения проводилась с использованием условных шкал.

** Оценка по шкалам Д.Н.Цыганова, 1983, выполнялась для каждого местообитания для факторов: Hd – влажности, Rc – кислотности почвы, Nt – богатства почв азотом, fH – контрастности почвенного увлажнения.

При выборе индикат важно выяснить, насколько пластичен показатель, предполагаемый в качестве фитоиндикационного. Результаты оценки коэффициентов вариации для некоторых признаков модельных травянистого и древесного видов (*Thlaspi arvense u Betula pendu*la) в условиях г. Самары показали, что к числу признаков с низким уровнем изменчивости относятся некоторые параметры генеративной сферы и метаболически

важные соотношения пигментного аппарата (таблица 8). Напротив, ростовые показатели, семенная продуктивность и собственно метаболические показатели были высоко изменчивыми.

Обобщение данных нескольких лет наблюдений показало, что сезонная динамика ряда биохимических показателей листовой массы характеризуется чертами сходства у различных древесных видов и согласуется с особенностями развития и функционирования листьев в течение вегетационного периода. Поэтому, например, показатели пигментного аппарата листьев следует определять в целях фитоиндикации в середине вегетационного периода, когда ассимиляционный аппарат достиг полной зрелости, но не вступил в фазу старения.

Таблица 8

Значения коэффициентов вариации для некоторых показателей модельных травянистых и древесных растений в насаждениях г. Самары (данные 1998-2000 г.)

Thlaspi arvense		*Betula pendula*	
Показатель	V (%)	Показатель	V (%)
Длина побега	13,8	Длина побега годичного прироста	9,4
Длина корня	27,9	Толщина годичного побега	3,7
Длина главного соцветия	21,6	Масса листовой пластинки	21,9
Длина боковых соцветий	48,8	Содержание водорастворимых фенольных соединений в листьях	17,3
Число боковых побегов	58,1	Содержание хлорофилла А*	14,8
Число плодов на растении	36,2	Содержание хлорофилла В*	19,6
Число семян на 1 плод	8,1	Содержание каротиноидов *	16,9
Семенная продуктивность	38,9	Отношение (хлорофилл А/хлорофилл В)*	9,6
Масса 1000 семян	6,0	Отношение (хлорофиллы /каротиноиды)*	7,3

* Рассматриваются показатели листьев

Обобщение литературных данных, анализ природно-климатических условий и материалов собственных исследований позволяют нам указать ряд принципов, на которых должно быть основано формирование системы фитомониторинга урбосреды в природно-климатических условиях лесостепи.

А. Предварительный этап формирования системы фитомониторинга

1. Генетический принцип. Необходимо определение характера происхождения различных насаждений – объектов озеленения, формирующих систему озеленения данного индустриального центра. Должны быть учте-

ны: наличие либо отсутствие генетической связи с ранее существовавшими природными растительными сообществами; превалирование в развитии насаждения самопроизвольного формирования растительных группировок либо созидающей и регулирующей деятельности человека.

2. Флористический принцип. Обязательным условием формирования системы фитомониторинга является составление списков видов высших растений, участвующих в формировании различных городских насаждений. Такие списки должны явиться результатом обобщения данных маршрутных обследований и углубленного изучения крупных объектов озеленения (парковых территорий) за несколько последовательных вегетационных периодов.

3. Принцип комплексной оценки биотопических условий. Параллельно с обследованием насаждений необходима комплексная оценка их ведущих экологических условий (положения в рельефе, особенностей водного и светового режимов, почвенного покрова, уровня техногенного загрязнения), которая впоследствии может быть формализована в виде балльных шкал.

4. Принцип формирования каркаса системы фитомониторинга. Модельные площадки для сбора информации фитомониторинга должны располагаться в соответствии с пространственным размещением объектов озеленения и пунктов аналитического контроля за загрязнением окружающей среды. Они должны быть представлены в различных функциональных зонах города и пригородных насаждениях с пониженным уровнем антропогенной нагрузки.

5. Этиологический принцип. Вопрос о причинах наблюдаемых структурно-функциональных изменений растений в урбосреде должен решаться с учетом всего комплекса условий местообитания.

6. Принцип выбора регионально апробированных видов – биоиндикаторов и индикат. В результате обобщения и статистического анализа результатов исследований должен быть осуществлен выбор регионально значимых видов – биоиндикаторов и их показателей, количественная либо качественная изменчивость которых обнаруживает связь с уровнем суммарного техногенного загрязнения либо каких-либо его компонентов.

Б. Этап организации и функционирования системы фитомониторинга

7. Принцип конкретизации программы наблюдений. Программа наблюдений должна формироваться с учетом генезиса насаждений данной модельной площадки наблюдений.

8. Принцип сезонной значимости индикат. Возможность использования в целях фитомониторинга не только обусловленных фенофазами морфологических, но и метаболических показателей высших растений определяется конкретными сроками внутри вегетационного периода.

9. Принцип учета особенностей вегетационного периода. В континентальном климате лесостепи в зависимости от условий конкретного вегетационного периода индикационная значимость различных показателей структуры либо метаболизма высших растений может изменяться.

10. Принцип отсутствия универсальных индикаторов. Нецелесообразно механическое использование, без предварительной практической апробации в условиях лесостепи, методик фитоиндикации, разработанных для иных природно-климатических зон либо модельных условий.

Система фитомониторинга в городских насаждениях, ориентированная как на контроль за качеством урбосреды, так и на своевременное обнаружение тенденций изменения самих насаждений, будет характеризоваться весомым вкладом в решение насущных проблем современных урбоэкосистем.

Во-первых, интегрированная оценка эффекта техногенного загрязнения, динамичного во времени и разноуровневого в пространстве города, сможет стать необходимым дополнением существующему инструментальному (аналитическому) контролю, выявляя значимость для биосистем абстрактно установленных параметров загрязнения. Обобщение результатов аналитического мониторинга и фитомониторинга будет способствовать адекватному экологическому картированию городской территории, в том числе выявлению зон наибольшего экологического неблагополучия.

Информация, полученная при проведении фитомониторинга, может не только использоваться для оценки уровня техногенного влияния на фрагменты городской системы озеленения либо общего состояния окружающей среды в различных районах городской территории. При наличии достаточно плотной сети точек, где проводится наблюдение за компонентами городских насаждений, мы можем применить геоинформационные технологии для проведения экологического картографирования (зонирования городской территории) с учетом различных параметров или системообразующих признаков городской среды (Верещака, 1991; Васмут и др., 1992; Буренков и др., 1997; Жуков и др., 1999). Рассмотрим в качестве примера некоторые результаты, полученные при зонировании территории г. Самары в соответствии со значениями ряда показателей. Как известно, для оценки гигиенической ситуации предлагается использовать суммарный показатель загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий кратность превышения ПДК вредных веществ и класс их опасности. Числовые вели-

чины ИЗА зависят от того, для какого числа компонентов выполняется расчет. Следует отметить, что обязательным условием сопоставимости значений ИЗА является, естественно, выполнение расчета для веществ, контролируемых одновременно по всем районам исследований. В то же время некоторые вещества присущи спектру загрязнителей конкретной точки, они определяются на одном или части стационарных постов, и вынужденное невведение их в расчетную формулу искажает объективность картины. Для нашего города таковы формальдегид (локальное загрязнение в ряде ПНЗ) и трикрезол (локальное загрязнение в ПНЗ 4). Последний, как видим, поступает в атмосферу в той самой точке, для которой ИЗА принимает минимальное значение. Именно здесь нами осенью 1995 года отмечены широкие, до 6 мм и более, краевые некрозы на листьях березы, имевшие явно «ожоговое» происхождение. Таким образом, ИЗА, на наш взгляд, в его современном виде не дает объективной и комплексной оценки ситуации с уровнем загрязнения среды. Сравнительно небольшое число точек – стационарных постов на территории города ограничивает возможности экологического картирования. Выполненное для основной территории города изолинейное картирование по значениям ИЗА дает весьма условную картину ситуации, при этом расположение зоны с наиболее высоким уровнем техногенного загрязнения едва ли соответствует действительности. Специалисты Самарского НИИ гигиены дали нам также возможность ознакомиться с системой оценки экологической опасности (ИЭО) промышленных предприятий, составлявших в 1994 г. основу Безымянской промзоны. Условное зонирование части территории г. Самары с использованием этих критериев мы выполнили, располагая информацией о мере относительной экологической опасности 25 промышленных предприятий, располагавшихся преимущественно в юго-восточной части городской территории. При этом распределение зон, характеризующихся различной экологической ситуацией, стало иным, более конкретным. Однако, поскольку в г. Самаре стационарные (промышленные предприятия) и подвижные (автотранспорт) источники загрязнения атмосферы поставляют примерно равное количество загрязняющих воздух веществ, для экологического зонирования территории недостаточно учитывать только выбросы предприятий.

Мы опробовали использование иного индекса, учитывающего, кроме собственно кратности превышения ПДК, особенности рельефа районов города (=вероятности скопления загрязнителей в приземном слое атмосферы), напряженность транспортного потока и близость промышленного предприятия с определенным уровнем экологической опасности. Пока эта система индексации носит несколько умозрительный характер, однако нам

думается, что модель расчета индексов должна быть именно многофакторной. Картина экологического зонирования городской территории в соответствии с ИПТ, во многом совпадает с отражением на картосхеме характера распределения некоторых показателей высших растений либо видовых особенностей городских насаждений (рис.23).

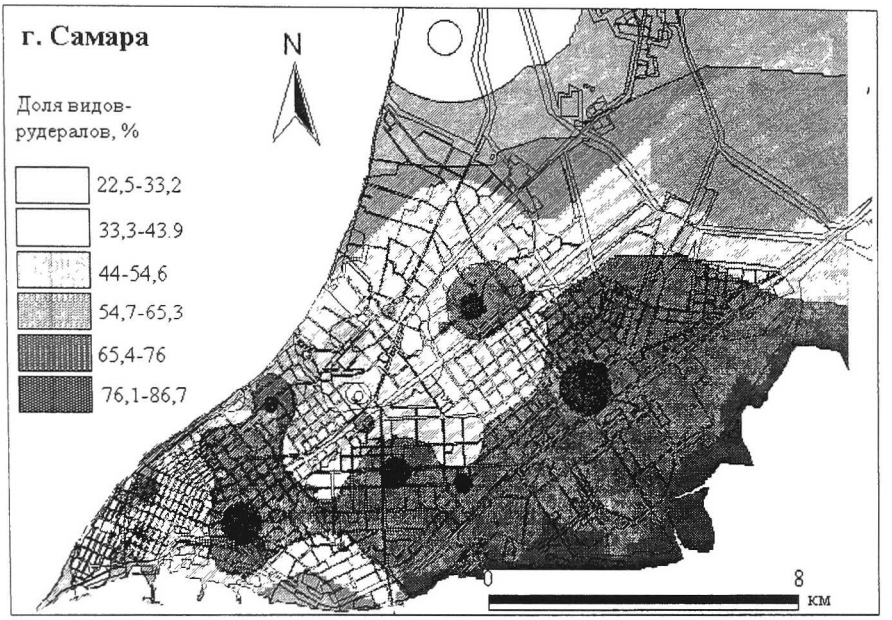


Рис.23. Результаты изолинейного зонирования территории г. Самары в соответствии с долей рудеральных видов растений в насаждениях

Приблизительно сходная картина экологического зонирования территории получена при использовании фитоиндикационных показателей различного уровня организации, от структурно – функциональных клеточных (доля дефектной или стерильной пыльцы одуванчика, мелкой пыльцы цикория) до уровня растительных сообществ (доля рудеральных видов в травостое). Что касается показателей качества пыльцы одуванчика лекарственного, мы полагаем, что распределение зон с различным уровнем дефектности проб пыльцы отражает не только загрязнение воздуха, но и общий уровень загрязнения почвы, предположительно – тяжелыми металлами, в том числе свинцом. В данном случае мы можем обратиться к результатам, полученным В.П. Бессоновой, 1992.

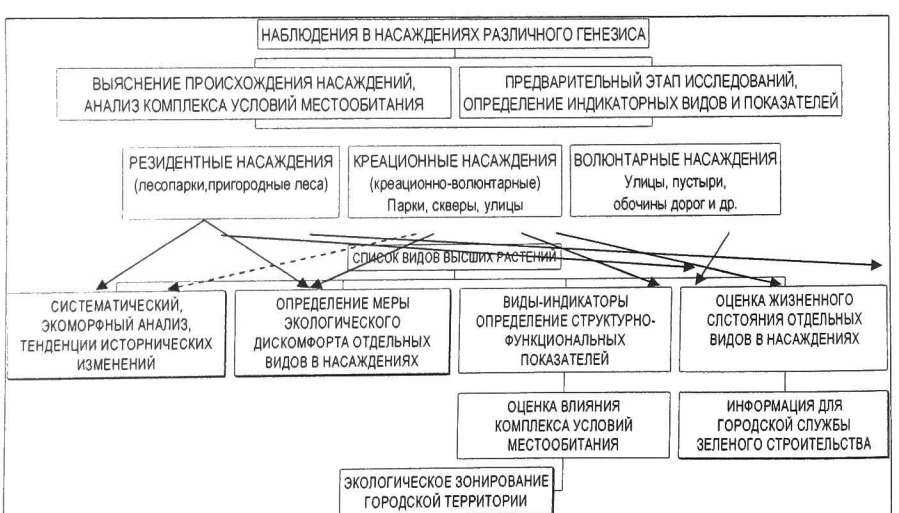
Так как обязательным условием для корректного изолинейного картирования является достаточное количество точек наблюдений, мы считаем,

что данный подход доступен: 1) при использовании в качестве фитоиндикаторов видов растений, имеющих повсеместное распространение, и 2) при сравнительно простой (скрининговой) процедуре снятия показателей. Первое соображение затрудняет использование в фитомониторинге местных древесных видов (клен остролистный, дуб черешчатый), которые далеко не повсеместно присутствуют в городских насаждениях. Второе соображение ограничивает фитоиндикационную значимость трудоемких в определении биохимических показателей, особенно характеризующихся высокой лабильностью (активность ферментов и др.). В таком случае становится гораздо сложнее осуществить скрининг для большого числа точек наблюдений с оценкой показателей при минимальном разрыве во времени. Желательно использование показателей, которые обнаруживают определенную стабильность – например, в течение достаточно длительного времени не изменяются после достижения ими полного развития в данный вегетационный период (таковы качество семян, морфолого-анатомические показатели органов растений, особенности видового состава насаждений). С этих позиций объяснимы столь многочисленные попытки привлечения к оценке экологических условий асимметрии листовых пластинок у березы повислой – исключительно стабильного показателя, определение которого легко осуществимо и практически не требует материальных затрат.

В качестве дополнения к данным собственно фитомониторинга продемонстрируем некоторые результаты, полученные при использовании простого приема оценки уровня запыленности воздушной среды, предлагаемого нами специально для целей учебно-исследовательского мониторинга (Кавеленова, Богданов, 2003). Участки городской территории, для которых было присущ наиболее высокий уровень содержания пыли в воздухе, были определены при обобщении данных относительной оценки уровня запыления с помощью пылеловушек. Повышенный уровень осаждения пыли на ловушках наблюдался в местах пересечения наиболее крупных автомагистралей, в точках с открытыми пылящими поверхностями грунта, не защищенными сформированным травостоем (газоном) либо более сложными объектами озеленения, наконец, в непосредственной близости от промышленных предприятий. Размах варьирования показателей для летнего периода находился в границах 0.06 – 0.85 ед., осеннего – 0.05 – 0.32 ед., однако в целом для большинства точек летние показатели по меньшей мере вдвое превышали осенние. Исключение составляли точки, где в оба периода наблюдений уровень пылеосаждения на ловушках был минимален. Уровень загрязнения воздуха пылевыми частицами в пределах каждого административного района города характеризовался неоднород-

ностью, что вполне согласуется с наличием в этих районах разнообразных источников загрязнения, автотрасс, объектов озеленения, различных силуэтов застройки. Это в значительной мере лишает смысла попытки однозначно оценить уровень пылевого загрязнения воздуха в пределах административных районов города. При фиксированном числе пунктов наблюдения за качеством атмосферного воздуха в городе предложенный способ может явиться полезным дополнением к аналитическому контролю и послужить основой для составления карт пылевого загрязнения.

Таким образом, оценка состояния городской среды и уровня техногенного загрязнения в ней с помощью растительных организмов представляют необходимый компонент системы мониторинга окружающей среды. После проведения предварительных исследований, целью которых является выбор зонально обусловленных индикат, возможно формирование сети наблюдательных пунктов, представленных в различных типах насаждений и разных функциональных зонах городской территории. Достаточно плотная сеть наблюдательных пунктов обеспечит возможности экологического зонирования территории, а «привязка» части точек к местам аналитического (физико-химического и химического) контроля за загрязнением городской среды позволит объединить получаемые разными методами данные в единую картину. Учет специфики фитомониторинга, выраженный в ряде принципов, необходим для адекватной оценки ситуации в городской среде (схема).



В процессе проведения фитомониторинга будет пополняться информация о состоянии компонентов системы городского озеленения. Оценка жизненного состояния древесных растений в насаждениях всех типов необходима для своевременного отклика на выявленное неблагополучие особей или групп особей, с последующими срочными мерами ухода либо заменой. Организационно фитомониторинг урбосреды может быть построен путем развития сети учебно-исследовательского мониторинга. Мы определяем учебно-исследовательский мониторинг как многоуровневый, во-первых, исходя из характера получаемой информации – от уровня клеток и тканей до уровня растительных сообществ, во-вторых – как организационно многоуровневый: уровень рядовых участников – студентов и школьников, собирающих первичную информацию, уровень организационного (тактического) руководства (преподаватели школ, органов дополнительного образования и др.), уровень стратегического руководства и обобщения (специалисты, непосредственно проводящие научные исследования). Понимание юными участниками мониторинга, разъяснение ими сверстникам и общественности роли компонентов урбоэкосистем для их устойчивого развития – важный момент в формировании экологического сознания населения. С другой стороны, продуманно организованная сеть учебно-исследовательского мониторинга будет осуществлять сбор первичных данных для собственно биомониторинга состояния урбосреды, позволяя точно отслеживать неблагоприятные изменения и своевременно принимать меры, направленные на оптимизацию экологической ситуации в современном городе.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ФИТОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ПРИЕМЫ ПОЛЕВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ

Оговоримся сразу, что в данном пособии мы ограничимся лишь самым кратким освещением вопросов полевого обследования места, где проводятся наблюдения и отбор проб почв и растительного материала. Тем, кто заинтересуется практикой полевого обследования почв и растительности, порекомендуем для ознакомления учебное пособие, подготовленное Н.М. Матвеевым и В.Г. Терентьевым «Полевая практика по экологии растительных сообществ», а также другие руководства[1].

1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТА ОТБОРА ПРОБ

Для общей характеристики места отбора проб используются бланки, которые разрабатываются с учетом программы исследований. В зависимости от того, геохимическое, ботаническое или иное направление имеют проводимые исследования, в бланке будут расширены те или иные разделы. Вот пример бланка, ориентированного на более углубленное обследование почвенного покрова и работу преимущественно на нелесных участках (см. Приложение 1). Подробно расшифруем пункты, отраженные в бланке-описании.

1. **Привязка исследуемого участка к ориентирам на местности.** Участок должен либо отражать характерные черты местности, либо, при конкретно поставленной задаче, отличаться особенностями растительного покрова, почв или иными признаками. В любом случае ориентирами для привязки выбирают хорошо заметные стационарные объекты, по отношению к которым оценивается направление (с помощью компаса) и расстояние до исследуемого участка.

---

[1] Кузнецова М.А., Ибрагимов А.К., Неручев В.В., Юлова Г.А. Полевой практикум по экологии. М.: Наука, 1994. 73 с.
Матвеев Н.М., Терентьев В.Г. Полевая практика по экологии растительных сообществ / 2е издание, дополн. и перераб. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2000. 76 с.
Полевые практики по географическим дисциплинам и геологии: Учебн. пособие / Б.Н.Гурский, В.Н.Нестерович, Е.В.Ефременко и др. Минск: Университетское, 1989. 240 с.
Полевые практики по геологическим дисциплинам / Под ред. В.А.Исаченкова М.: Просвещение, 1980. 224 с.

2. **Макрорельеф** – наиболее крупная форма рельефа (Приволжская возвышенность и т.д.) и характеристика формы **мезорельефа** в ее границах – холм, речная долина, первая терраса речной долины и т.д., причем следует охарактеризовать относительную высоту, ширину, форму склона (прямой, выпуклый, вогнутый, сложный) и положение точки отбора проб на мезоформе (нижняя, средняя, верхняя часть склона).

3. **Экспозиция склона** – положение относительно сторон горизонта.

4. **Микрорельеф** – наличие воронок, западинок, промоин, их размеры и частота встречаемости на площади 100 кв.м или 1 га.

5. **Характер фитоценоза** – общее название растительного сообщества (дубрава, сосняк, лесополоса, луг, пашня).

6. **Растительная ассоциация, культура, тип леса**. Сначала устанавливают формулу древостоя, то есть выявляют количественное соотношение разных пород деревьев в баллах от общей суммы 10 (при 80% сосны и 20% березы формула древостоя 8с2б).

При подробном рассмотрении лесного сообщества бланк необходимо дополнить рядом таблиц, при заполнении которых устанавливается ярусность леса и дается видовое описание ярусов: древесного (может быть 2-3 яруса), подроста, подлеска (кустарников), травянистого и мохово-лишайникового покрова (ниже даны примерные образцы таблиц):

Древостой (формула)

№	Наименование древесных пород	Ярус	Средняя высота, м	Средний диаметр, м	Господствующий возраст, лет

Подрост

№	Наименование древесных пород	Обилие	Средняя высота, м	Господствующий возраст, лет	Интенсивность возобновления

Подлесок

№	Наименование видов кустарников	Обилие	Жизненность	Средняя высота, м	Распределение

Травянистые растения

№	Названия растений	Обилие

Моховой и лишайниковый покров

№	Виды мхов и лишайников	Покрытие,%	Обилие

Возраст деревьев рассчитывается по годовым кольцам, у хвойных – по мутовкам, при этом к количеству мутовок прибавляют 3-4 года, так как их образование начинается не с первого года жизни.

Сомкнутость крон древесного яруса (СК) определяют визуально: редкий лес, проникают солнечные лучи – 20-30%, сквозь кроны видны участки неба, занимающие столько же места, сколько и кроны – 50%, темный, влажный лес, травяной покров почти не развит – 80-90%.

Обилие характеризуется разными градациями, возможна визуальная оценка по шкале: единично, редко, рассеянно, обильно, очень обильно.

После описания растительности леса определяется его тип. В название растительной ассоциации включаются основные виды древостоя, подлеска и травянистого или мохово-лишайникового ярусов, например: липовая дубрава папоротниково-крапивная.

7. **Условия увлажнения и стока** – тип увлажнения (атмосферный, грунтовый, поемный), длительность затопления (если оно происходит), глубина залегания грунтовых вод (если они вскрыты почвенным разрезом).

8. **Условия дренирования и мелиоративные особенности** – происходит ли отток влаги при ее выпадении или влага задерживается, какой сток преобладает (поверхностный, внутрипочвенный), производится ли орошение либо осушение территории.

9. **Размеры пробной площади** – для описания лесной растительности берется площадка размером 100-250 кв.м. Форма площадки может быть различной. По углам площадки ставят колышки и натягивают между ними шпагат. При описании растительности луга выбирается площадка размерами около 25 кв.м. Отмечается тип луга (суходольный, низинный, пойменный)

10. **Размеры учетных площадок и характер их расположения** – площадки размером 1 х 1 м располагают в случайном порядке, их количество зависит от размера пробной площади и типа растительного сообщест-

ва. В плане расположение метровок может быть линейным, диффузным, в виде трансект или буквы Z.

11. **Средняя высота травостоя, проективное покрытие, %** – проективное покрытие (покрытие) в простейшем случае характеризуется так: не сомкнутый покров, единичные растения – 5-10%; растения довольно близко расположены, но между ними значительные расстояния – 20-25%; растения близки и образуют сомкнутый покров, но видны «дырки» – 30-50%; растения образуют «ажурный» сомкнутый покров – 60-70%; растения образуют плотный многоярусный покров (влажный луг и др.) – 100%.

12. **Положение разреза** (скважины) относительно рельефа – характеризуют положение шурфа относительно мезорельефа (нижняя, средняя, верхняя часть склона).

13. **Состояние почвы, проявление эрозии** – почвы слабой, средней или сильной степени смытости гумусового горизонта. Воздействие ветровой (сдувание) или водной (смыв, размыв) эрозии.

14. **Признаки заболоченности, засоленности, каменистости** – оцениваются визуально в баллах. Засоление: солевые выцветы слабо заметны при подсыхании поверхности почвы – 1, солевые выцветы ясно заметны – 2, солевой выцвет умеренно густой – 3, солевой выцвет густой и довольно мощный – 4, солевой выцвет мощный, почва «зарастает» кристаллами – 5. Каменистость: единичные обломки – 1, щебень хорошо заметен, занимает 0,1 объема – 2, щебень занимает 0,25 объема – 3, щебень занимает 0,5 объема – 4, почва почти полностью представлена щебнем – 5.

15. **Характер отбора проб**: определяется конкретными задачами исследования.

16. **Флористический состав** травостоя: таблица включает сведения о фенофазах, в которых находятся растения на момент наблюдений и дополнительные сведения о растениях (кормовая ценность, вредные, ядовитые растения и т.д.).

17. **Полевое описание почвы** (на обороте бланка) выполняют в ходе анализа почвенного разреза (шурфа, профиля).

1.2. РАБОТА С ПОЧВЕННЫМ ШУРФОМ

При закладке шурфа избегают мест, подвергавшихся глубокому перекапыванию (землеройными машинами или вручную). Частота их закладки определяется сложностью почвенного покрова и растительности. Чаще всего шурф выкапывается в центральной части растительной ассоциации, где наиболее типичны природные условия, при необходимости на удалении от него в различных направлениях делают полуямы и прикопки.

В зависимости от генезиса и механического состава почвообразующих и подстилающих пород глубина шурфов достигает 1-1,5 м (в глинистых) и 2,5-3 м (в песчаных почвах), иными словами, следует вскрывать все генетические горизонты почвы и верхнюю часть почвообразующих и подстилающих пород, не затронутых почвообразованием (рис.1).

Разрез должен быть расположен так, чтобы описываемые стенки были освещены солнцем не менее часа, примерно такое время требуется для детального описания профиля. При описании светлоокрашенных почв стараются проводить работу, когда освещенность стенок не достигает максимума, иначе быстро утомятся глаза.

Шурфы копаются ступеньками, наибольшая глубина – у описываемой стенки. Длина разреза зависит от предполагаемой глубины. Ширина разреза – не менее 70-80 см. При копке разрезов следует придерживаться правил: лесная подстилка, дернина, перегнойный (пахотный) горизонт выбрасывают на одну сторону от разреза, породы из более глубоких горизонтов – на другую, причем непосредственно перед зеркалом разреза (передней стенкой) почву не выбрасывают, максимально сохраняя исходную картину залегания горизонтов. После выполнения работ шурф закапывают. При работе с шурфом следует как можно менее повреждать естественный растительный и почвенный покров, чтобы небрежно выполненная работа не стала причиной развития эрозии почвы.

В почвенном разрезе выделяют ряд горизонтов. Приведем их обозначения и кратко охарактеризуем каждый. А – общее обозначение собственно гумусового (перегнойно-аккумулятивного) горизонта, который занимает верхнюю часть профиля и характеризуется наиболее темной окраской и максимальным содержанием гумуса. Выше данного горизонта, в зависимости от типа сообщества и условий почвообразования, могут располагаться: $А_0$ – лесная подстилка, которая по степени разложения делится на $А_0`$ – верхний слабо разложившийся слой, $А_0``$ – средний слой с большей степенью разложения, $А_0```$ – наиболее сильно разложившаяся органика, либо $А_Д$ – дернина, образующаяся под травянистой растительностью на суходольных и пойменных лугах. Наконец, при распашке горизонт А преобразуется в $А_П$ – пахотный горизонт.

Иллювиальный горизонт В находится ниже, имеет неодинаковую степень однородности и различную окраску и может в конкретном профиле отчетливо делиться на $В_1$, $В_2$, $В_3$ и т.д.

С – материнская почвообразующая порода, основа для образования почвы, занимает нижнюю часть почвенного разреза. Подстилающая поро-

да D расположена ниже почвенных горизонтов и отличается от них по генезису. При вовлечении ее в почвообразование используют индекс CD.

Характер перехода горизонтов определяют, руководствуясь следующими критериями: **резкий**, **линейный**, если область смены горизонтов не выходит за пределы 1 см, **ясный** при границе перехода, не превышающей полосы 2-3 см, **заметный** при смене горизонтов в полосе 3-5 см, **постепенный** при замещении одного горизонта другим в полосе более 5-7 см. На более легких породах границы между горизонтами более расплывчатые.

Механический состав почвы определяют полевыми методами. Структура почвы оценивается с использованием общих названий (пылеватая, зернистая, комковатая, ореховатая, столбчатая).

Критерии влажности почвенных горизонтов в полевых условиях оцениваются следующим образом: почва **сухая**, если не холодит рук, песок просыпается, почва **свежая** если слегка холодит руки и слабо светлеет при высыхании, почва **влажная,** если заметно холодит руки, значительно светлеет при высыхании, почва **сырая,** если на ощупь холодная и сырая, почва **мокрая**, если при сдавливании выжимается вода.

Сложение, плотность почвы оцениваются как **рассыпчатое** в случае, если в сухом состоянии почва представляет собой сыпучую массу, **рыхлое**, если лопата легко входит в почву, а при сбрасывании с лопаты земля рассыпается, **уплотненное**, если лопата входит в почву с некоторым усилием, **плотное** (копать трудно), **слитое** (почва почти не поддается действию лопаты, а почвенный нож приходится забивать в почву молотком).

1.3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПО АЛЕКСЕЕВУ

В.А. Алексеев, 1989, предложил следующую шкалу категорий жизненного состояния деревьев по визуальным характеристикам кроны:

1. **Здоровое дерево**. Не имеет внешних повреждений кроны и ствола, густота кроны обычная для господствующих деревьев, мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны и отсутствуют в верхней ее половине. Закончившие рост листья и хвоя зеленого или темно-зеленого цвета, их продолжительность жизни типична для региона. Повреждения листьев и хвои незначительны (<10%) и не сказываются на состоянии дерева.

2. **Поврежденное (ослабленное) дерево**. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 30% мертвых и (или) усыхающих ветвей в

верхней половине кроны; повреждение (объедание, ожог, хлорозы, некрозы и т.д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30% листовой поверхности.

3. **Сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево**. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты облиственния кроны на 60% за счет преждевременного опадения листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; повреждение различными факторами и выключение из ассимилирующей деятельности 60% площади листьев; отмирание верхушки кроны.

4. **Отмирающее дерево**. Крона разрушена, ее густота – менее 15-20% по сравнению со здоровой; >70% ветвей, в том числе в верхней половине, сухие или бледно-зеленого, желтоватого, оранжево-красного цвета. Некрозы белесого, коричневого или черного цвета. При загрязнении атмосферы большая часть некротизированных листьев быстро отмирает. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

5а. **Свежий сухостой**. Деревья, погибшие менее года назад. У них возможны остатки сухой хвои или листьев, кора и мелкие ветви часто бывают целы. Как правило, заселены насекомыми-ксилофагами.

5б. **Старый сухостой**. Деревья, погибшие в прошлые годы. Постепенно утрачивают ветви и кору[1].

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ

Водоудерживающая способность листьев рассматривается как один из показателей водного режима растений, в частности, их устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Менее выносливые растения зачастую характеризуются более низким уровнем данного показателя. Для определения данного показателя используются различные лабораторные приемы,

---

[1] В результате пересчета и оценки деревьев данного насаждения, как и при анализе возрастного спектра ценопопуляции, мы будем располагать рядом данных, представляющих собой подобие ранжированного ряда. Возможно построение гистограммы и ее анализ. При преобладании в выборке деревьев классов 3, 4, 5а можно сделать вывод о недостаточной устойчивости данного вида в конкретных условиях или нецелесообразности его использования в озеленении. «Двувершинность» (преобладание классов 1 и 3 при практическом отсутствии класса 2, например) может объясняться неоднородностью выборки, на которую не обратил внимания наблюдатель, и т.д.

однако предлагаемый вариант будет, как нам кажется, вполне пригоден, особенно для скрининга водоудерживающей способности для большого количества растительных образцов.

Ход работы

Отобрать пробу листьев определенного для исследования вида, отсчитав требуемое количество листовых пластинок (в этом случае впоследствие можно определить среднюю массу 1 листовой пластинки) и взвесить как можно быстрее. Разложить пробы листьев на кювете, избегая яркого освещения, и оставить на обезвоживание.

Для отслеживания динамики потери листьями воды повторное взвешивание провести через два, четыре, шесть и т.д. часов (если это входит в программу исследования). Провести повторное взвешивание проб спустя 24 часа. Высушить образцы до воздушно-сухого состояния и выдержать при 105-110^{0}С в сушильном шкафу в течение 2 часов. После охлаждения (желательно в эксикаторе) вновь взвесить пробы. Занести полученные данные в таблицу приведенной ниже формы:

Вид растения	Число листьев	Масса свежей пробы	Масса спустя сутки	Масса после высушивания
		M	**M1**	**M2**

Рассчитать общую оводненность **W**, водоудерживающую способность **R**, содержание «подвижной» влаги **L** в пробах, используя формулы:

$$W = 100*(M–M2)/M$$

$$R = 100*((M–M2) – (M-M1))/M = 100*(M1–M2)/M$$

$$L = W – R,$$

где **M** – масса свежей пробы, **M1** – масса пробы спустя сутки, **M2** – масса пробы после высушивания.

Оборудование и реактивы. Аналитические весы, сушильный шкаф, эксикатор, фарфоровые тигли.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ

Свободные аминокислоты представляют собой резерв для биосинтеза белков в растительных тканях, с другой стороны, они сами являются продуктами протеолиза. Это весьма мобильная группа соединений. Качественный состав и количественное содержание свободных аминокислот изменяются в зависимости от видовой принадлежности и внешних условий.

Нингидриновый метод Х.Н.Починка[1] позволяет образовать с аминокислотами устойчивый комплекс, который довольно стоек и не разлагается на свету, для приготовления используется смесь органических растворителей.

Ход работы

Взвесить 0,5 г свежего растительного материала и растереть его в ступке с 5мл 10% раствора уксусной кислоты, разбавить дистиллированной водой до 100 мл, взболтать смесь и тщательно профильтровать.

Из фильтрата набрать пипеткой 2 мл, перенести в сухую пробирку и прибавить 3 мл нингидринового реактива, 0,1 мл 1% раствора аскорбиновой кислоты. Перемешать содержимое пробирки, поместить на кипящую водяную баню и нагревать в течение 15 мин. (Контроль – пробирка, в которую вместо фильтрата внесена дистиллированная вода). Охладить пробирки в течение 15 мин. на воздухе при периодическом взбалтывании. Довести объем окрашенного раствора до 5 мл 60% этанолом, перемешать и колориметрировать на ФЭКе при 580 нм в кювете на 5 мм. Калибровочную кривую построить по стандартному раствору аминокислоты (например, лейцина).

Приготовление растворов

Нингидриновый реактив[2]: 1,2 г нингидрина + 15 мл н-пропанола + 30 мл н-бутанола + 60 мл этиленгликоля + 9 мл ацетатного буфера (4Н, pH 4,54), можно хранить в темной склянке до 10 дней.

Ацетатный буфер (4Н, pH 4,54): Навеску 54,4г ацетата натрия (трехводного) высыпать в термостойкий стакан, прибавить 100 мл дистиллированной воды и кипятить на электрической плитке до испарения примерно половины объема жидкости. Слегка охладив раствор, перелить его в мерную колбу на 100 мл, прибавить 30 мл ледяной уксусной кислоты и довести объем до 100 мл дистиллированной водой.

Раствор аскорбиновой кислоты: 0,1 г в 10 мл дистиллированной воды, готовится на 1 день.

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или гомогенизатор, центрифуга, ФЭК. Водяная баня. Колбы на 50–100 мл, стеклянные воронки, фильтры (синяя лента). Штатив с пробирками, пипетки на 5, 2 и 0,2 мл. 10% раствор уксусной кислоты, дистиллированная вода, нингидриновый реактив, раствор аскорбиновой кислоты.

---

[1] Метод приводится в руководстве: Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1976. 250 с.

[2] Следует избегать попадания реактива на руки, поскольку нингидрин не только токсичен, но и реагирует с белками кожи, оставляя на ней ярко-лиловые «чернильные» пятна.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЛИНА ПО БЕЙТСУ

Пролин – аминокислота (точнее, иминокислота), которая обнаруживается в растительных и животных белках, а также имеет особое значение в качестве свободной аминокислоты – маркера стрессовых состояний у растений. Так, накопление пролина обнаруживается в тканях растений, подвергнутых воздействию высоких и низких температур, засоления, дефицита влаги, техногенных загрязнителей. Данный метод, разработанный Бейтсом, предназначен для определения свободного пролина[1].

Ход работы

Пролин экстрагировать из навески растительного материала (от 0,5 до 1 г) при добавлении 10мл 3% раствора сульфосалициловой кислоты при растирании в ступке, с последующим фильтрованием. Первые капли фильтрата отбросить, из последующей пробы отобрать в пробирку 2 мл экстракта, прибавить 2 мл реагента, тщательно перемешать и поместить пробирку в кипящую водяную баню на 60 минут. В контрольную пробирку вместо экстракта внести 2 мл дистиллированной воды. После охлаждения в пробирки добавить по 4 мл толуола, взболтать содержимое пробирки в течение 20–30 сек. В толуольный слой переходит комплекс, полученный взаимодействием пролина и нингидрина (окраска – от розовой до яркомалиновой). Колориметрировать толуольную фракцию при 520 нм на ФЭКе или СФ. Для калибровки целесообразно использовать стандартный раствор пролина в толуоле.[2]

Приготовление реактива Бейтса

1,25 г нингидрина, 30 мл уксусной к-ты, 20 мл 6М фосфорной кислоты тщательно перемешать до полного растворения, хранить в темной склянке.

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или гомогенизатор, центрифуга, ФЭК. Водяная баня. Колбы на 50–100 мл, стеклянные воронки, фильтры (синяя лента). Штатив с пробирками, пипетки на 5–10 мл. 3% раствор сульфосалициловой кислоты, толуол, реактив Бейтса.

---

[1] Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and Soil. V.39. 1973. P.205-211.

[2] Рекомендуем толуольные фракции после измерений на ФЭКе объединять и использовать для последующей отгонки толуола, в целях экономии реактивов.

2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Фенольные соединения относятся к числу наиболее распространенных в растениях биологически активных веществ. Они служат предшественниками для синтеза лигнина, выступают в качестве фактора иммунитета и защиты от фитофагов. Определение фенольных соединений по методу Свейна–Хиллиса проводят с использованием реактива Фолина-Чокальте[1]. В присутствии фенольных соединений реактив окисляется с образованием комплекса сине-голубой окраски, интенсивность которой пропорциональна количеству фенольных соединений в испытуемых пробах.

Ход работы

Пробу экстракта, в котором необходимо определить количество фенольных соединений (водная вытяжка опада, спиртовой, ацетоновый и др. экстракты из почвы, вытяжки из растительного материала), в объеме от 0,1 до 1 мл[2] внести в пробирку. В контрольную пробирку внести такое же количество чистого экстрагента (воды, спирта и пр.).

Довести объем проб в пробирках до 7 мл дистиллированной водой, прилить по 0,5 мл реактива Фолина-Чокальте и тщательно перемешать. Через три минуты прилить в пробирки по 2,5 мл 20% раствора Na_2CO_3 и снова перемешать[3]. Отколориметрировать раствор на ФЭК или СФ при красном светофильтре (длина волны 725-730 нм).

Калибровочный график (расчетное уравнение) получить по данным оптической плотности стандартных растворов, полученных при проведении методики с раствором фенольного соединения (например, галловой кислоты) известной концентрации и ряда его разбавлений.

Приготовление реактива Фолина-Чокальте: В колбу объемом 1000 мл поместить 50 г вольфрамата натрия, 12,5 г молибдата натрия и 350 мл дистиллированной воды. Добавить к раствору 25 мл 85% орто-фосфорной кислоты и 50 мл концентрированной соляной кислоты и кипятить 10 часов в колбе с обратным холодильником (рис.24).

---

[1] Swain J., Hillis W.E. The phenolic constituents of Prunus domestica. The quantitative analysis of phenolic constituents // J.Sci.Food and Agr. 1959. V.10. N 1. P.63-68.

[2] Объем экстракта подбирается опытным путем при первом выполнении методики для нового источника фенольных соединений. Если внесено мало экстракта, окраска жидкости в пробирках будет очень слабой; при внесении слишком большого количества экстракта разовьется очень плотное окрашивание, потребуется разбавлять раствор перед колориметрированием.

[3] Присутствие в экстракте некоторых примесей может вызвать выпадение осадка после добавление раствора бикарбоната. В таком случае следует отцентрифугировать раствор и использовать супернатант для измерения оптической плотности на ФЭКе.

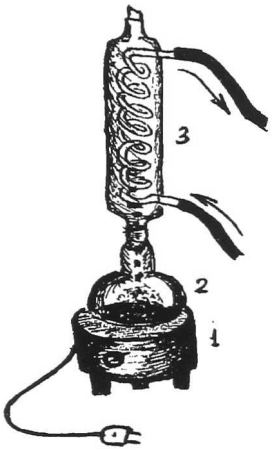


Рис.24. Прибор для кипячения с обратным холодильником: 1 – нагреватель, 2 – колба, 3 – холодильник. Стрелки показывают направление движения воды.

После охлаждения в полученную смесь добавить 75 г сернокислого лития, 25 мл воды, 2-3 капли брома и прогреть 15 минут без обратного холодильника для удаления избытка брома. Смесь охладить и довести объем дистиллированной водой до 500 мл. Полученный реактив должен быть прозрачным, ярко-желтым, без зеленоватого оттенка. Хранить в темной склянке. Перед проведением методики необходимое количество реактива разбавить дистиллированной водой до кислотности 0,1 (примерно в 10 раз).

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или гомогенизатор для размельчения проб фитомассы, посуда для подготовки экстрактов. Аналитические весы, ФЭК. Штатив с пробирками, пипетки на 1, 5 и 10 мл. Реактив Фолина–Чокальте, 20% раствор карбоната натрия.

2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

Содержание основных фотосинтетических пигментов – показатель, который используется для характеристики обмена веществ растений, оценки уровня воздействия различных факторов и т.д. Для извлечения пигментов пользуются полярными (спирт, ацетон) и неполярными (бензин, петролейный эфир) растворителями[1]. Экстракцию проводят быстро, в затененном помещении, предварительно охладив растворители. Количественное определение пигментов основано на их способности поглощать лучи разных длин волн. При использовании спектрофотометра можно, не разделяя смесь пигментов, определить в ней содержание хлорофиллов А, В и суммы каротиноидов, измерив оптическую плотность экстрактов при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения этих пигментов в

[1] Методы биохимического анализа растений / Под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1978. – 192 с.

соответствующих растворителях, и затем рассчитав количественное содержание пигментов в этих экстрактах.

Ход работы

Навеску растительного материала (100-300 мг свежей массы)[1] размельчить ножницами, поместить в маленькую ступку, добавить на кончике скальпеля карбонат кальция (порошок мела) для нейтрализации кислот. Прилить 4-5 мл растворителя (этанола 96%, ацетона 100%, ацетона 80%) и тщательно растереть, при необходимости добавив кварцевый песок либо порошок стекла в качестве абразивного материала. Для получения экстракта провести фильтрование с помощью стеклянного фильтра и колбы Бунзена (используется насос Камовского или водоструйный) либо воспользоваться центрифугированием. Экстракты пигментов использовать для измерения оптической плотности при следующих длинах волн: для ацетона 100%: 440.5, 644 и 662 нм; для этанола 96%: 649 и 665 нм.

Слишком интенсивно окрашенные экстракты перед измерением разбавить чистым растворителем, при этом кратность разбавления будет учтена в последующих расчетах. По показателям оптической плотности рассчитать концентрацию пигментов **С**, мг/л, в пробах по формулам:

а) для 100% ацетона

С (хл.А) = 9.784 * Е (662) – 0.990 * Е (644)

С (хл.В) = 21.426* Е (644) – 4.650 * Е (662)

С (кар.) = 4.695*Е (440.5) -0.268*(С (хл.А) + С (хл.В))

б) для 96% этанола

С (хл.А) = 13.70 * Е (665) – 5.76 * Е (649)

С (хл.В) = 25.80 * Е (649) – 7,60 * Е (665)

Результаты выразить в содержании пигментов в мг/г навески следующим образом: **С**, мг/л, или **С/1000**, мг/мл, содержится в 1мл данного экстракта, а содержание пигментов в общем объеме экстракта **М= К*V*С/1000**, где **V** – объем экстракта, **К** – кратность разбавления или

---

[1] Для сравнения большого числа проб можно экстрагировать пигменты из воздушносухого материала, высушенного в темном помещении при хорошем проветривании и умеренном нагреве. Мы рекомендуем измельчать пробы с помощью электромельницы до порошка с размером частиц менее 0,5 мм, использовать навески не более 100 мг на 10 мл ацетона. Для лучшей экстракции навеску размолотого материала, внесенную в пробирку, смочить 2-3 каплями дистиллированной воды и дать пробе слегка увлажниться, затем всыпать порошок карбоната кальция (треть лопаточки малого шпателя), перемешать и залить ацетоном. Экстракцию проводить в плотно закрытых пробирках, периодически взбалтывая, до обесцвечивания осадка, на что обычно требуется 2 суток. Экстрагировать питменты следует в отсутствие яркого света, хранить готовые экстракты – в темноте.

M= V*C/1000 при отсутствии разбавления[1]. Однако **M** мг пигментов содержалось в **A** г навески, а искомая величина **X** мг – содержание в 1г навески. Итоговая формула:

$$X = (K*V*C)/1000*A.$$

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или электромельница для сухих проб, пробирки с пробками. Аналитические весы, СФ. Ацетон.

2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ ПО МЕТОДУ ШАРДАКОВА

Жизнеспособность пыльцевых зерен можно оценить различными способами: по содержанию крахмала (йодный метод), по окраске ацетокарминовым реактивом, предлагаемый же метод основан на выявлении фермента пероксидазы в жизнеспособных пыльцевых зернах[2].

Ход работы

Непосредственно перед исследованием приготовить четыре свежих раствора, которые хранят в темной посуде:

А – 0,20 г бензидина растворить 100 мл 50% спирта, **Б** – 0,15 г альфанафтола растворить в 100 мл 50% спирта, **В** – 0,25 г углекислого натрия растворить в 100 мл дистиллированной воды, **Г** – 0,3% раствор перекиси водорода (в капельнице).

Первые три раствора (**А, Б, В**) перед началом работы смешать в равных объемах и налить в капельницу.

Пыльцу поместить на предметное стекло в каплю смеси этих растворов и добавить каплю перекиси водорода.[3] В присутствие бензидина живая пыльца, обладающая пероксидазной активностью, окрашивается в яркорозовый или темно-красный цвет. Погибшая пыльца не окрашивается. Подсчетом общего числа пыльцевых зерен и числа окрашенных зерен в поле зрения определяют процент жизнеспособных пыльцевых зерен. Провести подсчет не менее чем для 5 полей зрения, рассчитать средние показатели.

Оборудование и реактивы. Микроскоп с объективами малого и большого увеличения, предметные и покровные стекла. Капельницы, препаро-

---

[1] При отсутствии разбавления коэффициент К становится равным 1.

[2] Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.:Агропромиздат, 1988. 271 с.

[3] При высокой пероксидазной активности происходит массовое выделение пузырьков газа. В этом случае провести окрашивание пыльцы без покровного стекла, быстро перемешать каплю с пыльцой, удаляя пузырьки, а затем поместить покровное стекло на предметное и быстро провести подсчеты.

вальные иглы. Этиловый спирт для приготовления растворов бензидина, альфа-нафтола, карбоната натрия. Перекись водорода 0,3%.

2.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ХВОИ

Поверхность листьев большинства растений покрыта слоем эпикутикулярного воска, который служит барьером между кутикулой и окружающей средой. Этот слой толще у ксероморфных растений. Предполагают, что его функция – снижение испарения из листьев. У хвойных, особенно молодой хвои, восковой слой относительно толстый и имеет кристаллическую структуру, с возрастом она нарушается, а некоторые компоненты слоя уносятся или испаряются. Такое нарушение воскового слоя приводит к повышению потерь воды листом. Скорость деградации воска зависит от многих климатических факторов, его ускоряет загрязнение воздуха[1].

Ход работы

Закрепить хвоинку горизонтально в штативе с помощью лапки-зажима, поместить штатив между источником света и экраном, куда будет проектироваться изображение. Нанести на хвоинку шприцем каплю дистиллированной воды объемом 1-3 мкл. С помощью источника света спроецировать изображение на экран и измерить угол между каплей воды и поверхностью хвои. Провести опыт для хвоинок разного возраста, для верхней и нижней стороны хвоинки, для хвои различных видов растений.

Оборудование и реактивы. Источник света (например, диапроектор), штатив, микропипетка или шприц, экран (лист ватмана), транспортир.

2.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЫЛИ, ОСАЖДЕННОЙ ЛИСТЬЯМИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Пыль – различные по происхождению, размерам и химическим свойствам частицы, которые поступают в воздух в результате естественных и технологических процессов. Осаждение пыли на листьях растений приводит к очищению воздуха, но оказывает отрицательное воздействие на растения.

Простой метод оценки пыли, осажденной листьями растений, был разработан нами для древесных растений[2], но может быть использован и для травянистых растений.

---

[1] Хейнсоо К.Х. Смачиваемость хвои как индикационный показатель загрязненности воздуха // Лесоведение. 1994. N 4. С.71- 77.

[2] Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В. К оценке пылеулавливающей способности листьев древесно-кустарниковых растений // Вопросы лесной биогаоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. Куйбышев,1990. С.104-107.

Ход работы

Сходные по морфологии, возрасту и положению на кроне листья осторожно срезать с побегов (3-5 шт. для крупнолистных, 7-10 для мелколистных пород), слегка свернуть и поместить в стеклянный стаканчик емкостью 50мл. В таком виде доставить пробы в лабораторию. Провести смыв пылевых частиц: внести в стаканчики по 30-40 мл 0,1% раствора ОП-10 (широко используемого в технике поверхностно активного вещества) или другого детергента. Для полного удаления пылевых частиц с листьев содержимое стаканчиков осторожно перемешать, не травмируя листьев, извлечь листья, расправить на ровной поверхности и оставить для измерения площади.

Раствор ОП-10, содержащий смытую пыль, профильтровать через предварительно взвешенный сухой беззольный фильтр (синяя лента), затем высушить фильтр до постоянного веса. Разница масс фильтра после и до фильтрования раствора ОП будет соответствовать количеству **нерастворимых пылевых частиц**, перешедших с листовой поверхности в раствор.

Фильтрат вылить в заранее взвешенную выпарительную чашку и нагревать на водяной бане до полного испарения воды. Взвесить чашку повторно. Разница масс чашки после и до выпаривания будет соответствовать количеству **растворимой пыли**, перешедшей в раствор. Определить площадь листовой поверхности, с которой проводился смыв пыли.[1] Рассчитать осаждение пыли на единице площади листьев данного вида растений.

Оборудование и реактивы. Аналитические весы, электроплитка. Стеклянные стаканчики на 50 мл, колбы, стеклянные воронки. Выпарительные чашки. Беззольные фильтры (синяя лента). 0,1% раствор ОП-10.

2.9. ПРИЕМЫ ОЦЕНКИ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ И ИНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ БИОТЕСТОВ

Для определения аллелопатической активности почвы в качестве объектов – биотестов – используют семена, проростки, целые растения или их органы. А.М.Гродзинский с сотрудниками предложили следующие варианты биотестирования почвы[2].

---

[1] Учесть, что площадь использованных листьев следует удвоить – смыв происходил с обоих сторон листа.

[2] Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв. Киев, 1988. 18 с.

Ход работы

Вариант А. Выделить из образца почвы аллелопатически активные вещества путем настаивания с водой при соотношении почва-вода 1:1 или 2:1 в течение 24 часов при комнатной температуре. После указанного времени отцентрифугировать (0-15 мин, 6-8 тыс. оборотов) или отфильтровать водную вытяжку.

Одновременно с подготовкой вытяжки почвы отсортированные семена кресс-салата высеять на бумагу, смоченную дистиллированной водой, прорастить в термостате в течение 18-24 часов при + 25^0С. Проросшие семена с длиной корешка 3-5 мм по 20 штук поместить на фильтр в чашку Петри и смочить фильтр 5 мл вытяжки из почвы, контролем служит дистиллированная вода.

Поместить чашки Петри с проростками в термостат на 24 часа, после чего измерить длину корней проростков и выразить результат в % к показателям контроля. Результат предлагается выражать в условных расчетных единицах УРЕ:

$$X = (1 - A/100) * 1000,$$

где **А** – прирост корней кресс-салата, % к контролю, **Х** – аллелопатическая активность экстракта, УРЕ.

Вариант Б. Прямое биотестирование почвы. Просеять почву через сито с диаметром отверстий 2 мм. В качестве дренажа на дно чашек Петри, Коха или других подходящих мелких сосудов (например, пластиковые поддоны для цветочных горшков) насыпать 50 г промытого и прокаленного речного песка. Над слоем песка насыпать 80 г испытуемой почвы и увлажнить 25 мл дистиллированной воды.

За сутки до постановки биотестов поместить на кювету с влажной фильтровальной бумагой семена пшеницы и прорастить в термостате в течение 24 час. до появления проростков. На образцы опытной почвы высадить по 12-15 штук проросших семян пшеницы и в течение 10-14 дней проводить измерения роста растений. В конце опыта определить высоту растений, сырую и сухую массу надземной и корневой частей.

Оборудование и реактивы. Чашки Петри. Пластиковые вазоны. Растильни для проращивания семян пшеницы. Семена пшеницы, кресс-салата. Фильтровальная бумага. Почва. Технические весы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеева А.В., Кузьмичев В.В. Влияние городской среды на состояние пригородных лесов (на примере г. Дивногорска) // Экология. – 1997. – № 4. – С.248– 252.

Акжигитова Н.И. Галофильная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. – Ташкент: Фан, 1982. – 190 с.

Алахвердиев Ф.Д. Индикационное значение некоторых растительных сообществ при оценке почвенных условий в субальпийском и горностепном поясе Южного Дагестана // Экология.- 1982. – № 1. – С. 22-27.

Алахвердиев Ф.Д. Фитоиндикация линз пресных вод в Терских песках // Экология. – 1984. – № 2. – С.73-75.

Алексеев А.М. Водный режим клеток растений в связи с обменом веществ и структурированностью цитоплазмы // Тимирязевские чтения. – М., 1969. – 36 с.

Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С.51-57.

Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С.38-53.

Алиев Р.Р., Мусин Р.И., Нишанходжаева Л.Р. Выбор видов древесных растений для биоиндикации атмосферного загрязнения // Ташкент, 1992. – 17с. – Деп. в ВИНИТИ 09.03.92. – № 766-В92.

Альбицкая М.А. Основные закономерности формирования травяного покрова в искусственных лесах степной зоны УССР // Искусственные леса степной зоны Украины. – Харьков: изд-во Харьковского ун-та, 1960. – С. 155-208.

Андерсон Ф.К., Трешоу М. Реакция лишайников на атмосферное загрязнение // Загрязнение воздуха и жизнь растении. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – С. 295-326.

Андреева В.А. Фермент пероксидаза: Участие в защитном механизме растений. – М.: Наука, 1988. – 128 с.

Аннука Э., Раук Ю. Хвойные деревья – индикаторы техногенной нагрузки в промышленном ландшафте // Известия АН СССР. – Сер. биол. – 1986. – Т.35. – № 2. – С. 131-141.

Антипина Г.С., Тойвонен И.М., Марковская Е.Ф., Максимова Е.В., Еремеева В.В. Флора сосудистых растений города Петрозаводска // Ботанический журнал. – 1996. – Т.81, № 10. – С.63-68.

Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам – Минск: Наука и техника, 1979. – 215 с.

Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Микроэлементный состав растений как метод оценки техногенного воздействия на окружающую среду // Бюлл. Почв. ин-та ВАСХНИЛ. – 1980. – № 24. – С.15-18.

Артамонов В.И. Зеленые оракулы. – М.: Мысль, 1989. – 185 с.

Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172с.

Асланиди К., Вачадзе Д. Биомониторинг? Это очень просто! – Пущино, 1997. – 127 с.

Ахматов К.А. Адаптация древесных растений к засухе. – Фрунзе: Илим, 1976. – С.61-65.

Ахмедова Е., Проничкина Н., Струков О. Система зеленых насаждений г. Самары // Зеленая книга Поволжья: Охраняемые проиродные территории Самарской области. – Самара: Кн. изд-во, 1995. – С.105-108.

Ахмедова Е.А. Проблемы реконструкции и типологии объектов новой застройки в границах исторического ядра города// Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С. 72.

Ахмедова Е.А. Региональный ландшафт: история, экология, композиция. – Самара: Самарское книжное издательство, 1991. – 246 с.

Байбаков Э.И. Оценка экологического состояния урбанизированных территорий с помощью методов лихеноиндикации (на примере Казани). Автореф. дис. …канд.биол.наук. – Ижевск, 2003. – 19 с.

Байрак О.М. Антропогені зміни ліхенофлори на околицах м. Харкова // Украинский ботанический журнал. – 1988. – Т. 45, № 4. – С. 54-58.

Баканов А.В. Экологическая оценка состояния лесных насаждений с помощью методов фитоиндикации на примере Сергиево-Посадского района: Автореф.дис. … канд. биол. наук. – М., 1997. – 34 с.

Бакланов А.В. Анализ структуры городских древесных насаждений // Интродукция и акклиматизация растений. – Киев, 1988. – № 10. – С. 49-51.

Баранова Т.В. Значение историко-градостроительных принципов формирования квартальной застройки для комплексной реконструкции городского центра (на примере г. Самары) // Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С.78.

Барахтенова Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. – Новосибирск: Наука (Сиб. отд.), 1988. – 86 с.

Баширова Ф.Н. Характеристика почв промышленных городов Кузбасса в связи с озеленением: Автореф. дисс. ...канд.биол.наук.- Новосибирск, 1975. – 25с.

Безель В.С., Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л. Популяционная экотоксикология. – М.: Наука, 1994. – 80 с.

Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. – 1998. – № 5. – С. 376-382.

Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат,1989.- 286 с.

Белкин А.Н. Городской ландшафт. – М.: Высшая школа, 1987. – 109 с.

Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – Киев: Изд-во Киевского университета, 1950. – 264 с.

Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры окрестностей г. Саратова // Ботанический журнал. – Т.84, № 6. – 1999. – С. 8-19.

Березуцкий М.А., Панин А.В., Шилова И.В. О новых и редких видах флоры города Саратова и его окрестностей // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – Саратов: Слово, 2002. – Вып.1. – С. 7-13.

Берзиня А.Я., Берзиня Д.Ж. Использование химического состава мхов и лишайников для индикации низких уровней загрязнения // Лихеноиндикация состояния окружающей среды. – Таллин, 1978. – С. 65-68.

Бесполитова Л.А., Кавеленова Л.М. К перспективам лихеноиндикации в урбосреде в условиях лесостепи (на примере г. Самара) // Вестник Самарского государственного университета. – 2001., вып.4 (22). – С. 175-184.

Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45-50.

Бессонова В.П., Грицай З.В., Юсыпива Т.П., Мишкина Н.И. Мониторинг загрязнения окружающей среды на основе фитоиндикации // Материалы Междунар. конф. «Фундкментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды». – Томск, 1995. – Т.2. – С.11-12.

Бессонова В.П., Лыженко И.И. Изменение содержания фосфора в листьях древесных и кустарниковых растений в техногенных условиях произрастания // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1989. – С. 38-44.

Бессонова В.П., Фендюр Л.М., Пересыпкина Т.Н. Влияние загрязнения окружающей среды на мужскую фертильностьь декоративных цветотчных растений //Ботанический журнал. –1997. – Т.82. – № 5. – С. 38-45.

Бессонова В.П., Юсыпива Т.И. Содержание запасных веществ в семенах древесных растений в условиях искусственных лесных фитоценозов степной Украины //Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. Самара: Самарский университет, 1999. – С. 65-71.

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.

Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С.Гилярова. – М.: Советская энциклопедия. – 1986. – 863 с.

Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судачкова, И.В. Шеин, Л.И. Романова. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1997.- 176 с.

Биоценотическая характеристика хвойных лесов и мониторинг лесных экосистем Башкортостана. – Уфа: Гилем, 1998. – 308 с.

Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.

Болдырев В.А. Влияние рекреационного вытаптывания на некоторые лесные фитоценозы в Саратовском Правобережье // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара, 1995. – С.155-160.

Болдырев В.А., Далматов Н.Б., Степанов М.В. Экологическая оценка рекреационной нарушенности плакорных лесов пригородной зоны г. Саратова // Известия Саратовского государственного университета. – Сер.биол. – Вып. спец. – 2001. – С.24-27.

Борзенкова И.И., Зубаков В.А. Климатический оптимум голоцена как модель глобального климата начала XXI века // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 8.- С.69-77.

Борисова М.А. Флора транспортных путей Ярославской области. Автореф. дис….канд. биол. наук. – Саранск, 2002. – 18 с.

Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.

Бострем В.Г. Растительность как индикатор почв, почвообразующих пород и их дешифрование по аэроснимкам // Изучение и охрана растительности Севера. – Сыктывкар, 1984. – С. 102-107.

Бритиков Е.А. Биологическая роль пролина. – М.: Наука, 1975. – 88 с.

Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 350 с.

Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Наукова думка,1991.- 168с.

Буренков Э.К., Головин А.А., Филатов Е.И. Защита среды обитания начинается с многоцелевого геохимического картографирования: концеп-

ция устойчивого развития // Экология и промышленность России. – 1997. – № 7. – С.24-29.

Бурлак В. А. Взаимодействие трех видов изменчивости и флуктуирующей асимметрии в популяции малярийного комара Anopheles messeae Fall. // Генетика. – 1998. – Т.34. – № 10. – С.1345-1353.

Бязров Л.Г. Изменение видового состава эпифитных лишайников в широколиственном лесу Подмосковья за 21 год и некоторые вопросы использования лишайников при мониторинге состояния среды // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 101-108.

Бязров Л.Г. Оценка изменения качества воздушного бассейна Подмосковья с помощью эпифитных лишайников //Лесное хозяйство. – 1992. – № 10. – С.13

Бязров Л.Г. Некоторые результаты использования лихеноценологических исследований при мониторинге состояния среды в Подмосковье // Биоиндикация в городах и пригородных зонах. – М.: Наука, 1993. – С. 55-72.

Бязров Л.Г. Сравнительный анализ трех способов лихеноиндикации качества воздушного бассейна // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001. – С.22-23.

Вавилова Т.Я. Особенности регулирования планировки и застройки города с учетом экологических условий // Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С.82.

Вайшля О.Б., Лапина Г.В., Москвитина Н.С. Диагностика изменений фотосинтетический функции листьев Betula pendula Roth. в районе северного промузла г. Томска, г. Северска и прилегающих территорий // Материалы Междунар. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды». – Томск, 1995. – Т.2. – С.15.

Вайшля О.Б., Лапина Г.В., Москвитина Н.С. Возможность использования физиолого-биохимических показателей листьев осины (Populus tremula L.) в ранней биоиндикации состояния экосистем // Материалы Междунар. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды». – Томск, 1995а. – Т.2. – С.15.

Васильев Б.Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1988. – 208 с.

Васильева И.Н. Влияние вытаптывания на физические свойства почвы и корневые системы растений // Лесоводственные исследования в Серебряноборском опытном лесничестве. – М.: Наука, 1973. – С. 105-118.

Васмут А.С., Магмутова Л.А., Семенов В.Ф. Об использовании компьютерных технологий в экологическом картографировании // Геодезия и картография. – 1992. – № 9-10. – С.51.

Веденяпин А.А., Мамин Р.Г., Шаумян Л.В., Дрейер А.А. Экологические проблемы мегаполисов и пути их решения: информационно-аналитический обзор. – М., 1994. – 31с.

Вергунов А.П. Архитектурно-планировочная организация крупного города. – Л.: Стройиздат, 1982. – 131 с.

Вергунов А.П., Горохов В.А. Русские сады и парки. – М., 1988. – 418 с.

Веренич С.В. Флуктуирующая асимметрия как маркер адаптивности фенотипа (на модели неврологических проявлений поясничного остеохондроза) // Онтогенез. – 1996. – Т.27. – № 2. – С.137-140.

Верещака Т.В. Экологические карты в системе карт для оптимизации окружающей среды // Геодезия и картография. – 1991. – № 1. – С.39.

Викторов С.В. Растительность песков Устюрта и ее индикационное значение // Изучение природных условий и его прикладные аспекты. – М., 1985. – С. 29-34.

Викторов С.В. Ландшафтно-физиономическое направление в индикационной геоботанике // Биоиндикация: теория, методы, приложения. / Под ред. Г.С.Розенберга. – Тольятти, 1994. – С. 6-17.

Викторов С.В., Востокова Е.А., Вышивкин Д.Д. Введение в индикационную геоботанику. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. – 227 с.

Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 168 с.

Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М., 1957. – 237 с.

Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении тяжелых металлов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Наука, 1985. – С.7-20.

Виноградов Б.В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. – М.: Высшая школа, 1964. – 325 с.

Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеоиздат,1991.- 424 с.

Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М.: Мысль, 1986. – 237 с.

Власова Т.М., Филипчук А.Н. Выбор биоиндикаторов для организации локального мониторинга северных лесов в условиях аэротехногенного воздействия // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие. Матер. Междунар. симп. – М., 1990. – С.6-17.

Волостников А. Состояние окружающей среды в Самаре: стабильно напряженное // Самарская Газета. – 16 февраля 2002 г. – С.4.

Волынец А.П., Прохорчик Р.А. Ароматические оксисоединения – продукты и регуляторы фотосинтеза. – Минск: Наука и техника, 1983. – 157 с.

Воронина О.Н. О некоторых градостроительных аспектах в озеленении Нижнего Новгорода // Антропогенная динамика и оптимизация растительного покрова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 1991. – С. 145-153.

Воронов А.Г. Геоботаника. Учебное пособие для университетов и педагогических институтов. Издание второе. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.

Воронцова Л.И., Ломакина Г.А. Растительные сообщества – индикаторы состояния природных экосистем // Экологич. нормирование: Проблемы и методы. Тез. науч.-коорд. совещ. – М., 1992. – С. 41-42.

Востокова Е.А., Шавырина А.В., Ларичева С.Г. Справочник по растениям-индикаторам грунтовых вод и почвогрунтов для южных пустынь СССР. – М., 1962. – 120 с.

Восточноевропейские широколиственные леса / Попадюк Р.В., Чистякова А.А., Чумаченко С.И. и др. – М.: Наука, 1994. – 364 с.

Гаевая З.И. К вопросу о газоустойчивости деревьев и кустарников // Научные записки ДГУ. – 1961. – Т.78. – С. 13-18.

Газизуллин А.Х., Сабиров А.Т., Гилаев А.М. Экологические условия и генезис лесостепных черноземов Среднего Поволжья // Почвоведение. – 1998. – № 2. – С.140-147.

Гальцева Т.В., Козлова И.Н. Основные вопросы экологической оптимизации и охраны городской среды // Матер. науч.-практ.конф. «Экологические исследования в Москве и Московской области». – М., 1990. – С.242-248.

Гамалей Ю.В. Сравнительная физиология жизненных форм высших растений // II съезд Всес. о-ва физиологов растений: Тез. докл. Минск, 24-29 окт. 1990. – М., 1990. – С.23.

Гантимуров И.И., Баширова Ф.Н. Научные основы изучения почвенных условий в городах. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964. – 136 с.

Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1989. – 206 с.

Гилева Э.А., Косарева Н.Л. Уменьшение флуктуирующей асимметрии у домовых мышей на территориях загрязненных химическими и радиоактивными мутагенами// Экология. – 1994. – С.94-97.

Гилева Э.А. Нохрин Д.Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия// Экология. – 2001. – № 1. – С.44-49.

Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.Ю., Кагарманов И.Р. Содержание некоторых металлов в листьях и ветвях Populus balsamifera L. в условиях промышленного загрязнения // Экология.- 1998. – № 2. – С.94-97.

Глотов Н.В. Оценка генетической гетерогенности природных популяций: количественные признаки //Экология.- 1983. – № 1. – С.3-9.

Голуб В.Б. Количественный метод выявления ведущих факторов внешней среды // Экология. – 1989. – № 11. – С. 16-20.

Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лихеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботанический журнал. – 1978. – Т. 63, № 8. – С. 1145-1152.

Гончарова А.Н., Золотовский М.В., Плаксина Т.И. Лишайники Жигулевского государственного заповедника // Интродукция, акклиматизация растений и окружающая среда. – Куйбышев, 1976. – С.75-86.

Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: Руководство. – М.: Медицина,1986. –320 с.

Горбачев Б.Н., Зацепина Д.Я., Луценко А.И., Курепин В.В. Опыт фитоиндикации эрозионных процессов на песчаных и каменистых землях степной и полупустынной зон // Экология растений степной зоны. – Элиста, 1983. – С. 55-61.

Горохов В.А., Лунц Л.Б. Парки мира. – М., 1985. – 328 с.

Горчаковский П.Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Ботанический журнал. – Т. 64. – 1979. – № 12. – С.1697 – 1713.

Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. – 1984. – № 5. – С.3-16.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Антропогенная трансформация лугов и проблема охраны генетических ресурсов их флоры // Растительный покров антропогенных местообитаний. – Ижевск, 1988. – С.130-144.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Формирование и деградация суходольных лугов под влиянием сенокошения и выпаса // Экология. – 1994. – № 4. – С. 3-13.

Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. – М.: Наука, 1985. – 209 с.

Горшков В.В. Распределение проективного покрытия эпифитных лишайников в сосновых лесах при разном уровне атмосферного загрязнения // Лесное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 14 – 19.

Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368с.

Горышина Т.К. Растения в городе. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 152 с

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1997 году. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Выпуск 7. – Самара, 1998. – 95 с.

Григорьев Ю.С., Андреев А.А., Кравчук И.С., Гекк П.И. Комплект оборудования для оперативного биологического контроля загрязнения окружающей среды // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001. – С.40.

Григорьев. Ю.С., Бучельник М.А. Трансплантационная лихеноиндикация загрязнения воздушной среды на основе замедленной флуоресценции хлорофилла // Экология. – 1997. – № 6. – С. 465-467.

Григорян А.Г. Ландшафт современного города. – М.: Стройиздат, 1986. – 134с.

Гришко В.Н., Плюто К.Б., Столяренкова З.Н. К методике оценки состояния древесных растений в условиях городской среды // Роль ботанічних садів в зеленому будівництві міст, курортних та рекреаційних зон. Частина 1. – С. 126-131.

Гродзинский Д.М. Надежность растительных систем. – Киев: Наукова думка. 1983. – 366 с.

Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений: В 2-х т. – Т.2. – М.: Мир, 1986. – 312 с.

Гудериан Р.Г. Загрязнители воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.

Гурьянов Е.Ф. Древние вехи Самары. – Куйбышев, 1986. – 120 с.

Гуськов Е.П., Шкурат Т.П., Вардуни Т.П. Тополь как объект для мониторинга мутагенов в окружающей среде // Цитология и генетика. – 1993. – Т. 27, № 1. – С.52-57.

Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р. Жизнь зеленого растения. – М.: Мир, 1983. – 550 с.

Двораковский М.С. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 187 с.

Дидух Я.П. Проблемы активности видов растений // Ботанический журнал. – 1982. – Т.67, № 7. – С.925-935.

Дидух Я.П., Плюта П.Г. Сравнительная характеристика фитоиндикационных экологических шкал (на примере шкал увлажнения почв) // Экология. –1993 – № 5. – С. 32-40.

Дидух Я.П., Плюта П.Г. Сравнительная характеристика фитоиндикационных экологических шкал (на примере шкал терморежима и эдафических) //Экология. –1994 – № 2. – С. 34-43.

Дмитриев А. В. Опыт оценки состояния природной среды по показателям флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой // Чтения памяти Ю. А. Львова: 2-я Межрегиональная экологич. конф. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1998. – С. 123-124.

Дмитриев А. В. Использование показателей флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки состояния районов с хронической антропогенный нагрузкой // Проблемы региональной экологии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – Вып. 6: Материалы 1-й региональной научно-практич. конф. молодежи, г. Томск. – С. 114-115.

Доценко Ю.Г., Мирка Г.Е. Экологическое районирование территории крупных промышленных городов // Матерериалы Всес. конф. «Методология экологического нормирования». – Харьков, 1990. – С.173-174.

Евстигнеев О.И. Особенности развития широколиственных деревьев под пологом леса при различной освещенности // Ботанический журнал. – 1988. – Т. 73. – № 12. – С. 1730-1736.

Евстигнеев О.В. Отношение лиственных деревьев к свету и водообеспеченности в связи со структурой леса // Лесоведение. – 1996. – № 6. – С.26 – 35.

Елагин И.Н. Фенологический метод определения температуры почвы и воздуха // Экология. – 1990. – № 4. – С. 76-77.

Жарко Л.Е. Рост и развитие березы повислой в городских условиях // Ботан.исслед. в Сибири. 1995. – № 4.- С.27-28.

Жидков А.Н. Эпифитные лишайники как показатель состояния сосновых насаждений в условиях промышленного загрязнения: Автореф.дис. … канд. биол. наук. – М., 1995. – 21 с.

Жирнов А.Д. Искусство паркостроения. – Львов, 1977. – 208 с.

Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. – М.: Научный мир, 1999. – 128 с.

Жунгиету Г.И., Жунгиету И.И. Химическая экология высших растений. – Кишинев, Штиинца.1991. – 200 с.

Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (Эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиинца,1988. – 768с.

Завьялова Н.С. Активность пероксидазы у сосны и лиственницы в зоне промышленного загрязнения // Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. – Екатеринбург: Наука, 1992. – С.123-125.

Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 534с.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

Закутнова В.И. Эпифитные лишайники как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха // Изв. АН АзССР. – Сер. биол.н. – 1988 – № 4. – С. 122-128.

Запрометов М.Н. Фенольные соединения растений и их биогенез // Итоги науки и техники. Сер.Биол.химия. – М.: ВИНИТИ, 1988. – Т.27. – 188 с.

Запрометов М.Н. Специализированные функции фенольных соединений в растениях // Физиология растений. – 1993. – Т.40. – № 6. – С.921-931.

Заугольнова Л.Б. Понятие оптимумов у растений // Журнал общей биологии. – 1985. – Т.46. – № 4. – С.106-113.

Захаров А.С. Рельеф Куйбышевской области. Пособие по краеведению. – Куйбышев: Куйбышевское кн. изд-во, 1971. – 87 с.

Захаров В.М. Асимметрия животных (Популяционно – феногенетический подход). – М.: Наука, 1987. – 215с.

Захаров В.М. Феногенетический аспект исследования природных популяций // Фенетика популяции. – М.: Наука, 1982. – С.45-55.

Захаров В.М., Зюганов В.В. К оценке асимметрии билатеральных признаков как популяционной характеристики // Экология. – 1980. – № 1. – С.10-16.

Захаров В.М., Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфогенетических и физиологических показателей у березы повислой // Доклады АН. – 1997. – Т.357. – № 2. – С.281-283.

Здетоветский А.Г. Биоэкологические особенности древесных растений в пригородных и парковых насаждений в лесостепи (на примере г. Самары): Автореф. дис. … канд.биол.наук.– Самара, 2000. – 16 с.

Здетоветский А.Г., Кавеленова Л.М. Об оценке показателей антиокислительной активности листьев некоторых древесных растений // Самарская Лука: Бюлл. – Самара, 1999. – С.203-208.

Зеленые острова нашего города // Зеленый луч. – Самара, 1999. – № 2 (20). – С.29-33.

Зеликов В.Д. Некоторые материалы к характеристике почв лесопарков, скверов и улиц Москвы // Изв. Вузов. Лесной журнал. – 1964. – № 3. – С. 10-15.

Златкова Л., Ценкова А. Влияние города на режим метеорологических элементов // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы: Итоги сотрудничества соц. стран. Л., 1988. Вып.3. – С.131-136.

Злобин Ю.А., Чумакова Е.А. Эфемероиды широколиственного леса в условиях рекреации // Ботанический журнал. – 1986. – Т.71, № 9. – С. 1231-1241.

Золотухин А.И., Сулига Е.М. Сорные древесные растения // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной истепной зонах. – Самара: Самарский университет, 1999. – С.192-197.

Иванов Б.Н. Влияние уплотнения на свойства серой лесной почвы в лесу при рекреации // Лесоведение. – 1990. – № 3. –С. 58-62.

Игошин Г.П., Киселев О.Б., Мозговая О.А., Плаксина Т.И., Тихомирова Н.В., Федотова Е.Ф. Флора сосудистых растений городов Куйбышевской области // Проблемы изучения синантропной флоры СССР. – М.: Наука, 1989. – С. 56 – 58.

Игошин Г.П., Мозговая О.А. Фрагменты естественной растительности на территории г. Куйбышева и их охрана // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1989. – С. 44-53.

Илькун Г. М. Газоустойчивость растений. – Киев: Наукова думка, 1971. – 146 с.

Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1980. – 246 с.

Ильминских Н.Г. Анализ городской флоры (на примере флоры города Казани): Автореф.дис. … канд. биол. наук. – Л., 1982. – 20 с.

Ильминских Н.Г. Средопреобразующая деятельность человека и гетерогенность растительного покрова // Тез. Всесоюзн. совещ. «Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности».– Ижевск, 1988. – С. 15-16.

Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды: Автореф. дис. … д-ра биол. наук. – СПб., 1993. – 36 с.

Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Лишайники в условиях фонового загрязнения атмосферы двуокисью серы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – Т. 10. – С. 103-125.

Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Т. 12. – С. 113-175.

Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета. – 316 с.

Исаков В.И., Висковатова Л.И. Изменчивость жилкования листьев некоторых древесных пород по экологическому профилю г.Риги // Ботанический журнал – Т.69, № 3. – 1984. – С. 394-399.

Ишбирдин А.Р., Ишбирдина Л.М., Миркин А.Р. Основные тенденции изменения флоры г. Уфы за последние 80 лет и ее причины // Генетика, селекция и биотехнология лесных древесных и травянистых растений. – Уфа, 1993. – С. 101-104.

Ишбирдин А.Р., Миркин Б.М., Соломещ А.И., Сахапов М.Т. Синтаксономия, экология и динамика рудеральных сообществ Башкирии. – Уфа: БНЦ УрО РАН СССР, 1988. – 161 с.

Ишбирдина Л.М., Ишбирдин А.Р. Динамика флоры города Уфы за 60-80 лет // Ботанический журнал. – 1993. – Т.78, № 3. – С. 1-10.

Ишбирдина Л.М., Ишбирдин А.Р. Динамика растительности города Уфы за 60-80 лет // Ботанический журнал. – 1995. – Т.80, № 6. – С. 40-49.

Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

Кавеленова Л.М. О некоторых проблемах использования высших растений в качестве фитоиндикаторов техногенного загрязнения городской среды // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1999. – С. 137-144.

Кавеленова Л.М., Богданов М.В. Простой метод сравнительной оценки запыленности воздуха // Экология и промышленность России. – 2003. – № 5 – С. 27-28.

Кавеленова Л.М., Елкина Е.М., Найденко С.В. К использованию показателей качества пыльцы в мониторинге уровня техногенного загрязнения среды. //Проблемы репродуктивной биологии растений: Тезисы докладов. – Перм. Ун-т, 1996. С. 96-98.

Кавеленова Л.М., Лищинская С.Н., Карандаева Л.Н. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды // Химия растительного сырья. – Вып.5 (2001). – № 3. – С.91-96.

Кавеленова Л.М., Матвеев Н.М., Розно С.А. Оценка соответствия экологической валентности древесных видов к условиям степной зоны // Матеріали міжнародної конференції, посв. 135-річчю Ботанічного саду ОНУ ім. Мечникова «Роль ботанічних садів в зеленому будівництві міст, курортних та рекреаційних зон». – Одеса, 2002. Частина 1. – С. 182-187.

Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия). – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.

Казенин Г.В. Экологические аспекты застройки города // Зеленый луч. – Самара, 2000. – № 3 (27). – С. 31-33.

Каплин В.Г. Биоиндикация состояния экосистем. – Самара, 2001. – 143 с.

Каркарьян В.Г. Художественно-композиционный анализ исторически сложившейся городской структуры. Роль памятников архитектуры // Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С.96

Карпачевский Л.О., Морозова Г.В., Зубкова Т.А. Структура почвенного покрова в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 40-55.

Кириченко Е.Б. Физико-химические факторы экорезистентности растений в онто- и филогенезе. – Пущино, 1984. – 13 с.

Климат большого города/ Под ред. А.А.Дмитриева. – М., 1965. 196 с.

Князев М.С. Редкие виды растений в техногенных неоэкотопах на Урале // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. – Свердловск: УрО РАН, 1990. – С. 106-110.

Ковалев А.М. Влияние рекреационной нагрузки на защитные свойства сосновых насаждений // Лесное хозяйство. – 1986. – № 12. – С.22-24.

Ковригина Л.Н., Петункина Л.О. Структурно-функциональные реакции сосны обыкновенной на загрязнение окружающей среды // Материалы Междунар. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды». – Томск, 1995. – Т.2. – С.52.

Кожара А.В. Структура показателя флуктуирующей асимметрии и его пригодность для популяционных исследоваий // Биологические науки. – 1985. – № 6. – С.100-103.

Козюкина Ж.Т. Изучение древесных растений – активных компонентов биомониторинга в условиях юго-востока степной зоны Украины // Тез. докл. Всесоюз.конф. «Экологические проблемы охраны живой природы». – Москва, 1990. – Ч.3. – С.138-139.

Коломыц Э.Г., Сурова Н.А., Керженцев А.С., Глебова О.В. Состояние лесных экосистем в условиях большого города // Известия Самарского нвучного центра Российской академии наук. – Т.2. – 2000. – № 2. – С. 311-318.

Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л.К.Исаева. – СПб: Эколого-аналитический центр «Союз», 1998. – 896с.

Корженевский В.В., Клюкин А.А., Толстых Е.А. Растительность как индикатор скорости склоновых процессов флишевого низкогорья Крыма // Экология. – 1983. – № 4. – С. 24-29.

Коротков В.Н. Демутационные процессы в островных лесных массивах: Автореф. дисс. … канд.биол. наук. – М., 1992. – 16 с.

Коршиков И.И., Крауц К., Михеенко И.П., Тарабрин В.П. Изменчивость некоторых ферментов листовых зачатков терминальных почек тополя канадского в условиях аэротехногенного стресса // Интродукция и акклиматизация растений. – 1991. – № 16. – С.68-73.

Коршиков И.И., Котов В.С., Михеенко И.П. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой: устойчивость, фитоиндикация, оптимизация. – Киев: Наукова думка, 1995. – 192 с.

Кравченко Л.В. Изучение пыльцы древесных интродуцентов // Проблемы дендрологии на рубеже XX1 века. Материалы Международной конференции, посв. 90-летию П.И.Лапина. – М., 1999. – С.174-176.

Крамер П.И., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. -М.: Гослесбумиздат, 1963. – 627с.

Краснов Ю.А. Раннее земледелие и животноводство в лесной полосе Восточной Европы. – М.: Наука, 1971. – 168 с.

Крупенина Л.А. Признаки антропогенного влияния на растительный покров центральной части Среднерусской возвышенности в голоцене // Палинология голоцена и маринология. – М.: Наука, 1973. – С. 91-97.

Крючков В.В. Предельные антропогенные нагрузки и состояние экосистем Севера // Экология. – 2992. – № 3. – С.28-39.

Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология.-1996. – № 6. – С.441-444.

Куваев В.Б., Шелгунова М.Л. Динамика сегетальных видов в условиях урбанизируемого ландшафта // Тез. Всесоюз. совещ. «Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности». – Ижевск, 1988. – С. 136-138.

Кузнецова М.А., Ибрагимов А.К., Неручев В.В., Юлова Г.А. Полевой практикум по экологии. – М.: Наука, 1994. – 73 с.

Кузьмин А.В. Интегральная характеристика экологического воздействия на морфогенез листа древесных растений.// Бюллетень Главного ботанического сада. – 1989. – Выпуск 151. – С.76.-80.

Кулагин А.Ю. Ивы: Техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. – Уфа: Гилем, 1998. –193 с.

Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 125 с.

Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 118 с.

Культиасов И.М. Экология растений. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 384с.

Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. – Л.: Наука, 1978. – 184 с.

Куранов Б.Д. Принципы изучения биоты в экосистеме города // Тез.докл.конф. «Экология и практика». – Томск, 1989. – С.16-19.

Кучерявый В.А., Кондратюк С.Я., Крамарец В.А., Зинько Ю.В., Сиренко И.Н. Лихеноиндикационная оценка степени загрязненности атмосферного воздуха в г. Львове // Доклады АН УССР. – Сер. Биол., 1989. – № 11. – С.67 – 72.

Лайвиня С.Х., Лайвиньш М.Я. Антропогенные смены сосновых лесов в городе-курорте Юрмала // Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития. Тез.докл. респ. науч. конф. Донецк, сент 1990. – Киев, 1990. – С. 77-78.

Лапина Н.Ф., Тулупов П.Е., Ласточкина Л.А. Использование пролина в качестве биотеста загрязненности почвы металлами // Труды 5 Всесоюз. совещ. «Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах». – Л., 1989. – С.334-337.

Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. – 384 с.

Лебедева И. И., Тонконогов В. Д. Структура почвенного покрова в условиях антропопедогенеза // Докл. Междунар. симп. «Структура почвенного покрова». – М., 1993. – С. 21-24.

Левон Ф.Н. Значение особенностей роста сосны обыкновенной в загрязненной среде для экологического мониторинга // Тез. докл. Всесоюз.конф. «Экологические проблемы охраны живой природы». – Москва, 1990. – Ч.3. – С.145-146.

Лекарева Н.А. Принцип ландшафтно-экологической реконструкции градостроительных структур // Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С.76.

Лингова Ст., Иванчева Ю. Радиационный режим в городских условиях // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы: Итоги сотрудничества соц. стран. Л., 1988. Вып.3. – С.232-236.

Логинов В.В., Гелашвили Д.Б., Силкин А.А. Применение структурно-информационных показателей флуктуирующей асимметрии амфибий в мониторинге окружаюшей среды // Проблемы регионального экологиче-

ского мониторинга. – Материалы Научно-практич.конф. – Нижний Новгород, 2002. – С.79 – 81.

Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. Справочно-методическое пособие. – СПб.: НПК «Атмосфера», 2001. – 297 с.

Лунц Л. Б. Городское зеленое строительство. М.: Стройиздат, 1966. – 248 с.

Лунц Л.Б. Озеленение городов в СССР. – М., 1979. – 30 с.

Лясовская Л.М. Геоботаническое районирование как основа анализа гидроиндикационных закономерностей на Каракалпакском Устюрте // Экология фитоценозов и их динамика. – М., 1980. – С.90-100.

Малиновская Е.И. Краткий определитель лишайников Самарской области / Приложение к бюллетеню «Самарская Лука». – Самара, 1993. – 59 с.

Малышев Л.И. Количественный анализ флоры: пространственное разнообразие, уровень видового богатства и репрезентативность участков обследования // Ботанический журнал. – 1975. – Т.60. – № 11. – С. 1537-1550.

Малышев Л.И. Площадь выявления флоры // Экология. – 1991. – № 2. – С. 3-13.

Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. 2. Изменение лихенофлоры за 270 лет // Ботанический журнал. – 1996. – Т. 81, № 7. – С. 55-72.

Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. 3. Влияние городских условий и лихеноиндикация атмосферного загрязнения // Ботанический журнал. – 1998. – Т.83, № 9. – С. 39-45.

Малышева Т.В. Использование мохообразных и лишайников для индикации антропогенных и зоогенных нарушений лесных фитоценозов // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001. – С. 118-119.

Мамаев С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. I. Формы изменчивости // Материалы по внутривидовой изменчивости и систематике растений. – Свердловск, 1968. – С.3-62.

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). – М.; Наука, 1972. – 284 с.

Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск. 1975. -С.13-14.

Мамаев С.А., Махнев А.К. Проблемы билогического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С.3-10.

Мамаев С.А., Попов П.П. Ель сибирская на Урале (внутривидовая изменчивость и структура популяций). – М.: Наука, 1989. – 104 с.

Мамаева Е.Т. Изменение городских почв под влиянием промышленных загрязнений // Охрана природы на Урале. – Свердловск, 1964. –Вып. 4. – С. 40-48.

Мамаева Е.Т. Естественная древесная растительность в городской среде // Естественная растительностьь промышленных и урбанизированных территорий Урала. – Свердловск, 1990. – С. 73-78.

Мартин Л.Н. Лихеноиндикационное картирование г. Таллина // Лихеноиндикация состояния окружающей среды. – Таллин, 1978. – С.134-139.

Мартыненко В.А. Синантропная флора подзоны средней тайги европейского северо-востока // Ботанический журнал. – 1994. – Т.79. – № 8. – С.77-81.

Мартыненко В.А. Растительный покров техногенных экотопов г. Сыктывкар и его окрестностей // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов европейского северо-востока России. – Сыктывкар, 1996. – С. 7-13.

Матвеев Л.Г., Кондратьев К.Я. Основные факторы формирования острова тепла в большом городе.// Доклады РАН. – 1999. – Т.367. – № 2. – С.253-256.

Матвеев Л.Г., Матвеев Ю.Л. Формирование и особенности острова тепла в большом городе.// Доклады РАН. 2000. – Т.370. – № 2. – С.249-252.

Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. – Самара: Кн.изд-во, 1994. – 206 с.

Матвеев Н.М. Об основных типах ценотической структуры эталонных для степного Заволжья естественных лесов // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара: Издательство «Самарский университет», 1995. – С.29-41.

Матвеев Н.М. Количественная оценка экоморфного состава лесонасаждений в степной зоне // Проблемы устойчивого функционирования лесных экосистем. – Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. ун-та, 2001. – С. 118-122.

Матвеев Н.М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны). – Самара: Издательство «Самарский университет», 2006. – 311с.

Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепом и степном Поволжье. – Самара: Издательство «Самарский университет», 1997. – 215 с.

Матвеев Н.М., Филиппова К.Н., Демина О.Е. Систематический и экоморфный анализ флоры Красносамарского лесного массива в зоне настоя-

щих степей // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара: Самарский университет, 1995. С. 41-71.

Матвеева Н.В. Некоторые закономерности в распространении флоры на территории города Самары // Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии. – Самара, 1996. – С.104-105.

Махнев А.К., Трубина М.Р., Прямоносова С.А. Лесная растительность в окрестностях предприятий цветной металлургии // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. – Свердловск: УрО РАН, 1990. – С. 3-40.

Меннинг У., Федер У. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – Л.: Гидрометиоиздат, 1985. – 143с.

Методика экспресс-оценки экологической обстановки на военном объекте. Методика биоиндикации окружающей природной среды. – 2000. – 20 с.

Методы изучения лесных сообществ. – СПб: НИИХимии СпбГУ, 2002. – 240 с.

Мильков Ф.Н. Взаимоотношение леса и лесостепи и проблемы смещения ландшафтных зон на Русской равнине // Изв. Всесоюзн. географ. общ-ва. – 1952. – Т.84. – № 5. – С.431-447.

Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.

Мирзоян А.В. Листья древесных растений как объект урбоэкологического мориторинга // Матер. докл. Всеросс. науч. конф. «Экологические и метеорологические проблемы больших городов и проышленных зон». – Санкт-Петербург, 1999. – С. 38-40.

Миркин Б.М. Антропогенная динамика растительности // Итоги науки и техники. Ботаника. – 1984. – Т.5. – С. 139-232.

Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Количественные методы классификации, ординации и геоботанической индикации // Итоги науки и техники. – Сер. Ботаника. – 1979. –Т.3. С.11-137.

Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.

Миркин Б.М., Сахапов М.Т. О некоторых вопросах изучения сорной растительности городов // Экология. – 1990. – № 5. – С. 18-28.

Михайлова И.Н. О выборе показателей для лихеноиндикации промышленного загрязнения в условиях среднего Урала // Тез.докл. Всес. шк. «Проблемы устойчивости биологических систем». – Севастополь, 1990. – С.317-319.

Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Эпифитные лихеносинузии в условиях химического загрязнения: зависимости доза-эффект // Экология. – 1995. – № 6. – С. 455-460.

Мовсесян Л.И., Косоглазов А.А., Олейников Г.Ф. Оценка устойчивости древесно-кустарниковых пород в городских насаждениях к болезням и вредителям // Новые приемы озеленения городов. Акад. коммун. хоз-ва им. Памфилова. – 1978. – Вып. 156. – С. 43-47.

Мовчан В.Н., Алексеева-Попова Н.В., Опекунова М.Г. Методологические основы фитоиндикации экологического состояния окружающей среды // Оценка экологического состояния окружающей среды. СПб: Изд-во С.-Петерб. университета, 2001. С.3-9.

Моджина Н.В. Особенности лихеноиндикации загрязнения воздуха в степной зоне на примере Башкирского Предуралья // Генетика, селекция и биотехнология лесных древесных и травянистых растений. – Уфа, 1993. – С.105-113.

Мозолевская Е.Г., Кузьмичева Е.П., Шленская Н.М. и др. Оценка состояния и устойчивости лесов зеленой зоны города Тольятти. – Тольятти, 1995. – 92 с.

Мокров И.В., Гелашвили Д.Б. Оценка качества городской среды по стабильности развития березы повислой (Betula pendula Roth.) // Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Тезисы докладов.-Спб: Изд.РГГМУ,1999. – С.43-44.

Мокров И.В., Силкин А.А. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки березы повислой при оценке состояния стабильности развития растения // Проблемы регионального экологического мониторинга. – Материалы Научно-практич.конф. – Нижний Новгород, 2002. – С.84-87.

Моргун А.Г. От крепости Самара до города Куйбышева: заметки об архитектуре. – Куйбышев: Кн.изд-во, 1986. – 224 с.

Мухаев Б.А. Перспективные виды и формы берез для защитного лесоразведения в Среднем Поволжье и их биоэкологическая оценка. // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1985. – С.29-38.

Мучник Е.Э. Опыт лихеноиндикационных исследований на территории Воронежа // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. – Воронеж, 1996. – С. 220-223.

Мяло Е.Г., Горяинова И.Н. Индикация природных процессов и выявление тектонически активных участков // Ландшафтная индикация природных процессов. – М., 1976. – С.78-85.

Негруцкая Г.М., Попов В.А. Влияние атмосферных загрязнителей на растения. Донецк.ун-т. Донецк, 1980. 18 с. – Рукопись деп. в ВИНИТИ 15 дек. 1980 г. – № 5287-80.

Нейштадт М.И. История лесов и палеография СССР в голоцене. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 256с.

Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.

Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Новая концепция и методология биоэкологического мониторинга и охраны природы // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001. – С. 139.

Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Система методов фитоиндикации загрязнения воздуха и состояния наземных экосистем // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001а. – С.140.

Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Экологические нормативы допустимого загрязнения воздуха для растительности // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». – Сыктывкар, 2001б. – С.140.

Новицкая Ю.Е. Сезонная и возрастная динамика основных фракций липидов хвои сосны обыкновенной // Физиолого-биохимические исследования сосны на Севере. – Петрозаводск: Ин-т леса. Карель. филиал АН СССР, 1978. – С. 39-52.

Нокс Р.Б. Биология пыльцы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 83 с.

О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году. Государственный доклад Государственного комитета РФ по охране окружающей среды // Зеленый Мир. – 1998. – № № 25-27.

Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

Озеленение населенных мест. Справочник. Ерохина В.И., Жеребцова Г.П. и др / Под редакцией В.И.Ерохиной. – М.: Стройиздат, 1987. – 480с.

Озолиня Г. Р., Заринь В. Э., Лапиня Л. П. Способность растений к усвоению меди //Регуляция роста и питание растений. – Рига, 1976. – С. 204—210.

Окружающая среда крупного города: социально-экономические аспекты / Под ред. Н.А. Толоконцева. – Л.: Наука, 1988. – 112 с.

Окружающая среда: энциклопедический словарь-справочник: Пер. с нем. – Т.1. – М.: Прогресс, 1999. – 304 с.

Осипов В.И. Зоны геологического риска на территории Москвы // Вестн. РАН. – 1994. – Т. 64. – № 1. – С. 32-45.

Пакшаева И.Н., Кавеленова Л.М. Некоторые особенности проявления асимметрии листовой пластинки березы повислой в условиях г. Самары // Самарская Лука. Бюлл. 2002. – Вып. 12. – С. 166 – 173

Папикян Н.А. Особенности водного режима некоторых древесных и кустарниковых пород в условиях полупустыни. Автореф. дис. … канд. биолог. наук. Ереван, 1956. – 32 с.

Пастернак П.С., Ворон В.П., Мазепа В.Г., Приступа Г.К. Изменение некоторых структурных особенностей лесного биогеоценоза в условиях аэротехногенного загрязнения окружающей среды // Экология. – 1990. – № 3 – С.7-13.

Пастушенко В.Л. «Самарский двор» как модель организации реконструируемого пространства исторического квартала // Тез.докл. 53-й областной научно-технич. конференции «Исследования в области архитектуры и строительства. – Самара, 1996. – С.94.

Пауков А.Г. Лихеноиндикационное картирование г. Екатеринбурга // Актуальные проблемы биологии (тезисы докладов). – Сыктывкар, 1998. – С. 139-140.

Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1980. – 304 с.

Пахомова В.М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений // Цитология. – 1995. – № 1-2. – С. 66-91.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.

Петров С.А. О генетической обусловленности фенов в популяциях лесных древесных растений // Фенетика природных популяций: материалы IV-го всесоюзного совещания. – М., 1990. – С.214-215.

Петрова Л.А. Интенсивность транспирации листьев барвинка в условиях техногенного загрязнения // Тез. докл. 1 Всесоюз. конф. «Растения и промышленная среда». – Днепропетровск, 1999. – С. 122-123.

Пианка Э. Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 399 с.

Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона.- Самара: Самарский университет, 2001. – 388 с.

Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. Второе издание. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 150 с.

Плюта П.Г. Оптимумы растений и характер их распределения в пределах диапазона толерантности к условиям среды // Экология. – 1994. – С. 18-25.

Полевой В.В. Физиология растений. – Москва: Высшая школа, 1989. – 464 с.

Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1991. – 240с.

Полякова Г.А. Флора и растительность старых парков Подмосковья. – М.: Наука, 1992. – 225 с.

Попов П.П. Ель на востоке Европы и в Западной Сибири: Популяционно-географическая изменчивость и ее лесоводственное значение. – Новосибирск: Наука. Сиб. издательская фирма РАН, 1999. – 169 с.

Пржевальская Л.Д., Бороздина Л.Ю., Петрушенко В.А., Гушер В.А. Изменение удельной транспирации листьев клена остролистного при действии сернистого газа // Тез. докл. 1 Всесоюз. конф. «Растения и промышленная среда». – Днепропетровск, 1999. – С. 124-125.

Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический прогноз / Э.Г.Коломыц, Г.С.Розенберг, О.В.Глебова, Н.А.Сурова, М.В. Сидоренко, В.П. Юнина. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286 с.

Промышленная ботаника. / Е.Н.Кондратюк, В.П.Тарабрин, В.И.Бакланов и др. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.

Прохорова Н.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях города Самары // Тез.докл. Всеросс. науч. конф. «Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». – СПб, 1999.- С. 104-105.

Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном Поволжье. – Самара: Издательство «Самарский университет», 1998. – 131 с.

Радченко С.С. Фитомониторинг и диагностика // Биофизика растений и фитомониторинг. – Л., 1990. – С. 11-27.

Раков Н.С. О флоре сосудистых растений города Ульяновска и его окрестностей // Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии. – Тез. докл. конф. – Самара, 1996. – С. 105-106.

Рамазанова В.И., Розно С.А., Кавеленова Л.М. К оценке состояния хвойных растений при интродукции в условиях г. Самары // Проблемы дендрологии на рубеже XX1 века. Материалы Международной конференции, посв. 90-летию П.И.Лапина. – М., 1999. – С.284-286.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.

Растения в экстремальных условиях минерального питания. Эколого-физиологические исследования / Под редакцией М.Я.Школьника, Н.В. Алексеевой-Поповой. – Л.: Наука, 1983. – 176с.

Рачковская М.М., Ким Л.О. Изменение активности некоторых оксидаз как показатель адаптации растений к условиям промышленного загрязнения // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С.117-126.

Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. – М.: Наука, 1991. 537 с.

Репях С.М., Рамилевич В.А., Левин Э.Д. Состав белков хвои сосны разного возраста // Химия древесины. – 1976. – № 4. – С.111-113.

Розенберг Г.С. Сравнение различных методов экологического прогнозирования. Прогноз структуры экосистем (на примере геоботанической индикации) // Экология. – 1980. – № 4. – С.5-12.

Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. – 249 с.

Розно С.А. Древесные и кустарниковые растения в озеленении г. Куйбышева // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев, 1986. – С.168-172.

Розно С. А., Потапов С. И. Интродукция североамериканских деревьев и кустарников в Самаре //Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений: Межвуз.сб.науч.ст. – Самара, 1992. – С. 93-103.

Романова М. С. Эколого-физиологический мониторинг флуктуирующей асимметрии листьев березы бородавчатой в условиях г. Томска // Актуальные проблемы медицинской биологии: Сб. научных работ, посвященный 65-летию кафедры биологии в Сибирском медицинском ун-те – Томск, 2002. – С. 35.

Романовский М.Г. Сохранность семяпочек сосны обыкновенной в условиях интенсивного загрязнения автотранспортом // Лесоведение. – 1993. – № 1. – С.86-88.

Ростова Н.С. Изменчивость морфологических признаков // Фенетика природных популяций. Материалы IV Всесоюзного совещания (Борок, ноябрь, 1990). – М.: 1990. – С.246-248.

Рохмистров В.Л., Иванова Т.Г. Изменение дерново-подзолистых почв в условиях крупного промышленного центра // Почвоведение. – 1985. – № 5. – С.71-75.

Рубашев Б.М. Проблемы солнечной активности. – М.: Наука, 1964. – 362 с.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Под ред. М.Е. Берлянда, Г.И. Сидоренко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 442 с.

Рыжов И.Н., Ягодин Г.А. Школьный экологический мониторинг городской среды. – М.: Галактика, 2000. – 192 с.

Савинов А.Б., Баранова С.А. Показатели фенотипической изменчивости крапивы двудомной (Urtica dioica L.) в мониторинге урбоэкосистем // Проблемы регионального экологического мониторинга. – Материалы Научно-практич.конф. – Нижний Новгород, 2002. – С. 117-118.

Самойлов Ю.И. Некоторые результаты сравнения экологических шкал Раменского, Элленберга, Хундта и Клаппа // Ботан. журнал. – 1973. – Т.58. -№ 5. – С. 646-655.

Санитарные правила в лесах Российской Федерации. Министерство экологии т природных ресурсов РФ. Комитет по лесу: Справ.пособие. – М.: Экология, 1992. – 16 с.

Сарсенбаев К.Н., Полимбетова Ф.А. Роль ферментов в устойчивости растений. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 184 с.

Сахапов М.Т., Абрамова Л.М., Рудаков К.М. Зависимость флористического состава синантропных сообществ от стадии сукцессии и эдафоклиматических условий // Экология. – 1991 – № 2 – С.26-35.

Сергейчик С.А. Древесные растения и окружающая среда. – Минск: Ураджай, 1985. – 111с.

Сергейчик С.А. Устойчивость древестных растений в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1994. – 280 с.

Сергейчик С.А. Структурно-функциональная организация ассимиляционного аппарата древесных растений в техногенной среде // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара: Самарский университет, 1999. – С. 144-149.

Серебрякова Л.К. Допустимые концентрации токсических веществ в атмосферном воздухе для древесной растительности // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 184-185.

Серебрянный Л.Р. Распространение древесных пород на северо-западе СССР в послеледниковое время // Палеонология голоцена и маринология. – М.: Наука, 1973. – С.14-18.

Сидоренко М.В. Лихеноиндикация состояния сосновых лесов // Биоиндикация: теории, методы, приложения. – Тольятти, 1994. – С. 113-114.

Сидорович Е.А., Гетко Н.В. Устойчивость индустриальных растений к газообразным соединениям серы в условиях Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1979. – 72 с.

Сидорук И.С. Растительность Куйбышевской пригородной зоны // Известия Куйбышевского сельскохозяйственного института. – Куйбышев, 1935. Вып.1. – С. 163-191.

Синельщиков Р.Г. Основные черты урбаногенной трансформации древеснорастительного покрова // Антропогенная динамика и оптимизация

растительного покрова. – Нижний Новгород: Изд.во Нижегородского университета, 1991. – С. 104-116.

Ситников А.С. Влияние промышленных загрязнителей на устойчивость растений. – Алма-Ата: Наука Каз.ССР, 1990. – 87 с.

Слепов А.В., Краснов А.Н., Гелашвили Д.Б. Применение структурно-информационных показателей флуктуирующей асимметрии мелких млекопитающих в мониторинге окружаюшей среды // Проблемы регионального экологического мониторинга. – Материалы Научно-практич.конф. – Нижний Новгород, 2002. – С.130-131.

Словарь-справочник по агрофитоценологии и луговедению / Гродзинский А.М., Злобин Ю.А., Миркин Б.М., Наумова Л.Г. – Киев: Наукова думка, 1991. – 136 с.

Смирнов И.А. Влияние сернистого газа на интенсивность водоотдачи у древесных растений // Экология. – 1986. – № 3. – С. 19-23.

Собчак Р.О. Влияние промышленных токсикантов на содержание разных форм воды в листьях некоторых видов рода Acer // Проблемы дендрологии на рубеже XX1 века. Материалы Международной конференции, посв. 90-летию П.И.Лапина. – М., 1999. – С. 334-335.

Соколов В.Е., Шаланки Я., Криволуцкий Д.А. Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды // Экология. – 1990. – № 2. – С. 90-94.

Соколов Л.А., Зеликов В.Д. Изменение свойств почв в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Лесоведение. – 1982. – № 3. – С.16-23.

Соловьева В.В., Дашутин А.П. Динамика флоры прудов города Самары за последние двадцать лет // Тез. докл. конф. «Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии». – Самара, 1996. – С.101-103.

Спиридонов В.Н. Изучение плотности почвы в лесу под влиянием рекреационной нагрузки // Лесное хозяйство. – 1983. – № 6. – С.16-17.

Справочник по лекарственным растениям / Под ред. А.М.Задорожного. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 415 с.

Степень Р.А., Коловский Р.А., Калачева Г.С. Влияние техногенных выбросов на состояние пригородных лесов Красноярска // Экология. – 1996 – № 6 – С.410– 414.

Стрельцов А.Б. Пояснительная записка по системе биомониторинга. – Калуга: КГПУ, 1998. – 4с.

Стрельцов А.Б., Логинов А.А. Биоиндикационный метод оценки антропогенного воздействия // Матер. докл. Всеросс. науч. конф. «Экологи-

ческие и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». – Санкт-Петербург, 1999. – С.40-41.

Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16-24.

Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. – 1997. – № – 1. – С. 96-101.

Судачкова Н.Е. Состояние и перспективы изучения влияния стрессов на древесные растения// Лесоведение. – 1998. – № 2. – С.3-9

Сурова Т.Г. Электронно-микроскопическое исследование пыльцы и спор растений. – М.: Наука, 1975. – 87 с.

Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В. – Биосфера. Экология. Охрана природы. Справочное пособие. – Киев: Наукова думка, 1987. – 554 с.

Таранков В.И., Данг К.В. Состояние травяного покрова в дубово-сосновых насаждениях зеленой зоны г. Воронежа под влиянием рекреационного использования. Воронеж: Воронежский лесотехнический ин-т, 1992. – 12 с. – Деп. в ВНИИЦЛесресурс 26.10.92, 909-лх92.

Тарасов В.В. К вопросу о биоэкологической паспортизации сорных растений лесных культур Днепропетровской области // Биогеоценологические особенности лесов Присамарья и их охрана: Тр. компл. экспед. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетровского ун-та, 1981. С. 122-139.

Тарбаева В. М. Влияние аэротехногенного загрязнения на формирование микроспор сосны обыкновенной // Освоение Севера и проблемы природопользования. – Сыктывкар, 1998. – С. 95-97.

Тарбаева В. М., Ладанова Н. В. Влияние аэротехногенного загрязнения на репродуктивную и вегетативную сферу хвойных // Тр. Коми НЦ УрО РАН. – Вып. 342. – Сыктывкар, 1994. – 30 с.

Таренков В.А., Иванова Л.Н. Водоудерживающая способность листьев боярышников в связи с устойчивостью к засухе //Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев, 1990. – С. 3-9.

Таренков В.А., Таренкова З.Г. Общая оводненность – важный показатель водообмена растений // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев, 1985. – С. 18-23.

Тарчевский В.В. Влияние дымо-газовых выделений промышленных предприятий Урала на растительность // Растения и промышленная среда. – Свердловск, 1964. – С. 5-69.

Терехина Т.А. Антропогенные фитосистемы. – Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2000. – 250 с.

Токарев П.С. Ритмические колебания климата и их влияние на режим поверхностных и подземных вод // Труды лаборатории гидрогеологических проблем. – 1950. – Т.9. – С.46-72.

Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 244 с.

Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. – Новосибирск: Наука, 1986. – 196 с.

Тофель Т. Exel 7.0 для Windows 95. Секреты и советы / Пер. с нем. – М.: Восточная Книжная Компания, 1996. – 336 с.

Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг// Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – Т.7. – С.144-159.

Тужилкина В.В., Ладанова Н.В., Плюснина С.Н. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны // Экология. – 1998. – № 2. – С. 89-93.

Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере / Под ред. В.Э.Фигурнова. – М.: Инфра-М, Финансы и статистика, 1995. – 384 с.

Тютюнник Ю.Г. Ландшафтно-геохимический анализ атмосферного загрязнения большого города тяжелыми металлами: Автореф. канд. дисс. – Киев, 1987.

Тютюнник Ю. Г. Количественная фитогеохимическая индикация загрязнения воздуха городов тяжелыми металлами // Экология. – 1994. – № 1. – С. 84-85.

Украинцева В.В. Цветковые растения – надежные индикаторы и биомониторы состояния окружающей среды // Биотестирование в решении экологических прооблем. – СПб, 1991. – С.87-96.

Уранов А.А. Число видов и площадь //Труды Моск.общ-ва испытателей природы. – 1966. – Т.17. – С. 183-204.

Усманов И.Ю., Ильясов Ф.Р., Наумова Л.Г. Адаптивные стратегии растений Южного Урала. Скальные местообитания // Экология. – 1995. – № 1. – С. 3-8.

Усманов И.Ю., Мартынова А.В., Усманова Н.Н., Янтурин С.И. Адаптивные стратегии растений на солончаках Южного Урала. Распределение ресурсов в ценопопуляциях // Экология. – 1991. – № 1. – С.9-16.

Фадеева Т.С., Кириллова Г.А. Об адаптационной роли модификационной изменчивости в популяциях растений // Фенетика природных популяции. Материалы IV Всесоюзного совещания (Борок, ноябрь, 1990). – М.: 1990. – С.286-287.

Фарафонтов М.Г. Биоиндикаторные свойства хлорофилла в условиях воздействия загрязнений неопределенного состава // Экология. – 1991. – № .5. С.76-79.

Фарафонтов М.Г. Особенности использования пигментного аппарата хвои сосны в качестве индикатора промышленных загрязнений // Очерки по экологической диагностике. – Свердловск, 1991. – С.88-94.

Федорков А. Л. Половая репродукция сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении в условиях Субарктики // Известия вузов. Лесной журнал. – 1992. – № 4. – С. 60-64.

Федорков А. Л. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Лапландии//Известия вузов. Лесной журнал. – 1995. – № 11. – С.48-50.

Федорков А.Л. Адаптация хвойных к стрессовым условиям Крайнего Севера. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 99 с.

Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Владос, 2001. – 288 с.

Федотов Н.С. Сосна как биоиндикатор химического и радиоактивного загрязнения // Тез. докл. «Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – Пущино, 1984. – С.201-202.

Физиология сосны обыкновенной / Судачкова Н.Е., Гирс Г.И., Прокушкин С.Г. и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1990. – 248 с.

Филимонова Ю.И. К оценке качества пыльцы некоторых цветковых растений в условиях городской среды // Молодые ученые Волго-Уральского региона на рубеже веков. Материалы конф. – Уфа, 2001.- Т.1.. С. 146-147.

Филиппова Л.М., Семенов С.М., Пчелкин А.В., Шимкус А.Б., Юкснис Р.А. Результаты линхенометрического обследования резервной зоны национального парка Литовской ССР / Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – Т.10. – С. 139-144.

Фильваров Г.И. Экономические, социальные и экологические проблемы планирования развития города. // Экон. самостоятельность и самоуправление городов и районов при переходе к рынку. – Киев: о-во «Знание» Украины, 1991. – С.3-7.

Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей. – Киев: Наукова думка, 1986. – 216 с.

Франклин К., Трешоу М. Реакции лишайников на атмосферное загрязнение // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – С.95-126.

Хмелев К.Ф., Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры окрестностей города Саратова за последние 100 лет // Экология. – 1995. – № 5. – С.363 – 367.

Ходаков Ю. И. 1979. О влиянии отрицательных факторов городской среды на зеленые насаждения // Растения и химические канцерогены. – Л.: Наука, 1979. С. 25 – 27.

Ходаков Ю.И. Зеленые насаждения Ленинграда и фитогигиена // Проблемы фитогигиены и охрана окружающей среды. – Л.: Зоологический институт, 1981. – С. 88-92

Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности. – М.: Экспертное бюро-М, 1998. – 224 с.

Храмова С.И. Возможности использования метаболизма высших растений при подходе к биоиндикации // Вопросы охраны и рационального использования растительного мира. – М., 1988. – С.113-118.

Цирд М. Некоторые аспекты лихеноиндикации загрязнения воздуха городов // Ред. журн. Вестник МГУ. Геогр. – М., 1989. – 10 с. – Деп. в ВИНИТИ 05.12.1989. – № 7206-В89.

Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М.: Наука, 1983. – 197 с

Частоколенко Л.В., Бондарь Л.М., Суржиков В.Д., Седова К.С. Микроспорогенез у Vicia cracca из популяции с антропогенным химическим загрязнением // Экология. – 1991. – № 5. – С. 20-24.

Чекалин С.В., Марзакулов Б.П. Влияние загрязнения городских территорий на водный обмен древесных растений // Тез. докл. респ. науч. конф. «Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития».- Киев, 1990. – С. 153-154.

Черненькова Т.В. Фитоиндикация ранних стадий техногенных нарушений северотаежных биоценозов // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – № 1. – С.114-120.

Черненькова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. – М.: Наука, 2002. – 191 с.

Чернышенко О.В. Поглощение сернистого газа древесными растениями при постоянном и периодическом действии его // Рациональное использование, охрана и воспроизводство лесных ресурсов. Науч. труды МЛТИ. – Вып. 184. – М., 1986. – С.71-74.

Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города: Автореф. дис….докт. биол. наук. – Москва, 2001. – 36 с.

Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

Чихачев А.С. Комплекс методов биотестирования мутагенного и генотоксического действия поллютантов в водоемах // Генетические последствия загрязнения окружающей среды мутагенными факторами.Материалы Всес. коорд. совещания. – Самарканд, 1990. – С. 196-197.

Чопик В.И., Краснова А.Н., Кузьмичев А.И. Эталон дикорастущей флоры урбанизированных территорий – урочище «Лысая гора» в г. Киеве // Ботанический журнал. – 1986. – Т.71, № 8. – С.1136-1141.

Чубинишвили А.Г. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (Rana ridibunda Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе средней Волги // Экология. – 1998. – № 1. – С. 71-74.

Чураков Б.П. Распределение деревьев дуба черешчатого в дубравах по категориям состояния //Экологические проблемы Среднего Поволжья. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск: УлГУ, 1999. С.228-230.

Чурмеев А.С., Грачев В.М. О состоянии зеленых насаждений в связи с экологической средой на территории Нижнего Новгорода // Антропогенная динамика и оптимизация растительного покрова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 1991. – С. 132-145.

Швецов А.Н. К флоре г. Москвы // Состояние, перспективы изучения и охраны природных территорий Московской области. – М., 1988. – С.65-67.

Шеляг-Сосонко Ю.Р., Андриенко Т.Л., Осычнюк В.В., Дубына Д.В. основные тенденции антропогенной деградации растительности Украины //Ботанический журнал. – Т.70. – 1985. – № 4. – С. 451-463.

Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-вл ЛГУ, 1964. 446 с.

Шефер А. Город Куйбышев (Очерки истории Самары-Куйбышева). – Куйбышев, 1940. – 60 с.

Шилова И.И. Естественная растительность свалок и полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. – Свердловск, 1990. – С.41-57.

Шихова Н.С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология. – 1997. -№ 2. –С.146-149.

Шишкина В.П. Обзор состояния загрязнения атмосферы в городах Самарской области в 1998 г. // Зеленый Луч. Инф.-справ.бюллетень. – Самара, 1999. – Вып.2. –С.14-19.

Шишкина В.П. Влияние выбросов автотранспорта на экологическую обстановку г. Самары // Зеленый Луч. Инф.-справ.бюллетень. – Самара, 1999а. – Вып.6 –С.16-19.

Шкарлет О. Д. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной: Автореф. дис.... канд. биол. наук. Свердловск, 1974. 27 с.

Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. М: Наука, 1974. – 324 с.

Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я.Ашихминой. – М.: Агар, 2000. – 386 с.

Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1980. – 176 с.

Шустов М.В. Лишайники Жигулевского государственного заповедника им. И.И.Спрыгина // Бот.журнал. – 1988. – Т.73. – № 1. – С.75-77.

Шустов М.В. Редкие и исчезающие виды лишайников Жигулевского заповедника // Водоросли, лишайники, грибы и мохообразные в заповедниках РСФСР. – М., 1989. – С.70-72.

Шустов М.В., Шустов В.С. Лихеноиндикация экологических условий в борах Приволжской возвышенности // Биоиндикация: теории, методы, приложения. – Тольятти, 1994. – С. 107-112.

Щербань М.И. Особенности влияния крупных городов на погоду и климат // Известия Всесоюз. геогр. о-ва. – 1990. – Т.122, № 2. – С.162-166.

Щербатюк Л.К. Мониторинг техногенного загрязнения воздушного бассейна в связи с охраной лесов и парков южного берега Крыма // Тез. докл. Всесоюз.конф. «Экологические проблемы охраны живой природы». – Москва, 1990. – Ч.3. – С.188-189.

Щербиновский Н. Дневники Самарской природы 1916 года. – Самара: Типография Самарского Губернского Совета Народного Хозяйства. – № 2. – 1919. – 146 с.

Экологическая ситуация в Самарской области / Под ред. Г.С. Розенберга, В.Г.Беспалого. – Тольятти, 1994.- 326 с.

Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1997.- Выпуск 3. – 340 с.

Экология Москвы: решения, проблемы, перспективы. – М.: Изд-во Март, 1997. – 194с.

Эрдтман Г. Морфология пыльцы систематика растений. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1956. – 486 с.

Якушев Б.И. Исследование растений и почв: Эколого-физиологические методы. – Минск: Наука и техника, 1988. – 71 с.

Якушина Э.И. Древесные растения в озеленении Москвы. – М.: Наука, 1982. – 158 с.

Ярмишко В.Т. Состояние ассимиляционного аппарата сосны. Особенности роста и формирования надземной фитомассы сосны // Влияние промышленного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1990. – С. 55-64.

Ярмишко В.Т. Методы изучения лесных сообществ в условиях нарушенных местообитаний // Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимии СпбГУ, 2002. – С.154 –169.

Al-Shayeb S.M., Al-Rajmi M.A., Seaward M.R.D. The date palm as a biomonitor of lead and other elements in arid environment // Sci.Total Environ. – 1995. – V.168, No.1. – P. 1-10.

Antonovics L, Bradshaw A. D., Turner R. G. Heavy metal tolerance in plants // Adv. Ecol. Res. – 1971 – № 1. – P. 1-114.

Bassuk N., Whitlow T. Environmental stress in street trees // Arboricultural Journal. – 1988. – V.12, No.2. – P.195-201.

Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and Soil. – V.39. – 1973. – P.205-211.

Bermadinger E., Grill D., Regar A. Luftgüte in Graz – Bioindikation mit Aktiven Monitoring // Mitt. Naturwiss. Ver Steiermark. – 1991. – Vol.121. – S.29-41.

Bradshaw A. D., McNeitly T. S., Gregory K. P. G. Industrialization, evolution and the development of heavy metal tolerance in plants // Ecology and the industrial society. 5th Symp. Brit. Ecol. Soc. – Oxford; Blackweil, 1965. – P. 321-343.

Bridges E.M. Soils in the urban jungle // Geographical analysis. – September 1989. – P.1-3.

Bytnerowicz A., Dmuchowski W., Molski B. The air pollution accumulation capabilities of some tree species in the vicinity of the chemical plant in Toru'n // Rocz. Sekc. dendr. – 1980. – V. 33. – P. 15-28.

Carinanos P., Prieto J.C., Galan C. Biological quality of the air in different Urban Environments // Materials of II Symposium on Aerobiologi, Vienna-Austria, 5-9 September 2000. –P.305.

Cormis L. La vegetation souffre-t-elle de la pollution d'origine automobile? // Pollut. atmos. 1980. – V.22. – No.85. – P. 71-75. Discuss., 76.

Cox R. M., Hutchinson T.C. Multiple and co-tolerance to metals in the grass Deschampsia caespitosa: adaptation, preadaptation and «cost» // J. Plant Nutr. – 1981. – Vol.3. – № 1-4. – P. 731-741.

Crites S., Dale M.R.T. Diversity and abundance of bryophytes, lichens, and fungi in relation to woody substrate and successional stage in aspen mixwood boreal forests // Canadian Journal of Botany. – 1998. – V.76. – P.641-651.

Cullen P. Biomonitoring and environmental management // Environ. Monit. and Assessment. 1990. – V.14. – No.2-3. – P.107-114.

Dale V., Beyeler S. Challenges in the development and use of ecological indicators // Ecological Indicators. – V.1. – No.1. – 2001. – P.3-10.

Danielson R.M., Pruden M. The ectomycorhizal status of urban spruce // Mycologia. – 1989. – V.81, № 3. – P.335-341.

Donaubauer E. Milben (Acari), als Ursache von Waldschadenssymptomen // Air Pollut. and Forest Decline: Proc. 14th Int. Meet. Spec. Air Pollut. Eff. Forest Ecosyst.2-8 Oct. – 1988. – V.1. – P.309-311.

Dorney R.S., McLellan P.W. The urban ecosystem: its spatial structure, its scale relationships, and its subsystem attributes // Environments. – 1984. – V.16. – № 1. – P.9-20.

Drew A., Reilly C. Observations on copper tolerance in the vegetation of a Zambian copper clearing // J. Ecol. – 1972. – Vol. 60. – № 2. – P. 439-444.

Durand R. Les essences urbaines: diversification, choix des abres // Rev. forest. fr. – 1989. – V.41. – Num. spec. – P.155-170.

Duvigneaud P. Plant «cobaltophytes» dans le Haut Katanga // Bull. Soc. roy. bot. Belg. – 1959. – T. 91. – № 1. – P. 111-134.

Ellenberg H., Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas// Scripta Geobotanica. – 1974. – No.9. – S.1-97.

EPA's Volunteer Monitoring Program // Monitoring Water Quality. U.S. Environmental Protection Agency. – 1997. – April 4. – 2 p

Eriksson G., Jensen S., Kylin H., Strachan W. The pine needle as a monitor of atmospheric pollution // Nature. – 1989. – Vol. 341. – No.6237.- P.42-44.

Farkas E., Lokos L., Verseghy K. Lichens as indicators of air pollution in the Budapest agglomeration. I. Air pollution map based on floristic data and heavy metal concentration measurements // Acta Botanica Hungarica. – 1985. – V.31. P.45-68.

Ferry B.W., Coppins B.J. Lichen transplant experiments and air pollution studies // Lichenologist. – 1979. – No.11(1). – P.63-73.

Folkeson L., Andersson-Bringmark E. Impoverishment of vegetation in a coniferous forest polluted by copper and zinc // Canadian Journal of Botany. – 1988. – V.66, No.3. – P.417-428.

Forman R.T., Alexander L.E. Roads and their major ecological effects // Annual Reviews. Ecology and Systematics. – 1998. – V. 29. – P. 207-231.

Forman R.T.T., Gordon M. Landscape Ecology. N.-Y., 1986. 240 p.

Freedman B., Hutchinson T.C. Long-term effects of smelter pollution at Sudbury, Ontario, on forest community composition // Can. J. Bot. – 1980. – V. 58. No. 19. – P. 2123 – 2140.

Garty J., Kloog N., Cohen Y. Integrity of Lichen Cell Membranes in Relation to Concentration of Airborne Elements // Archive of Environmental Contamination and Toxicology. – 1998. – V.34. – P.136-144.

Glooschenko W. Sphagnum fuscum moss as an indicator of atmospheric cadmium deposition across Canada // Environ. Pollut. – 1989. – Vol. 57. –No.1. – P. 27-33.

Gödde M., Diesing D., Wittig R. Verbreitung ausgewählter Wald- und Ruderalpflanzen in Münster // Natur und Heimat, – 1985. – 45. – № 3. – S. 85-103.

Goward T. Notes on oldgrowth-dependent epiphytic macrolichens in inland British Columbia, Canada // Acta Botanica Fennica. – V.150. – 1994. – P.31-38.

Goward T. What are the antique forests? (Re: Botany BC field trip)// Botanical Electronic News. – No.144. – September 17, – 1996.

Grainier L., Chevrieuil M. On the use of tree leaves as bioindicators of the contamination of air by organochlorines in France // Water, Air and Soil Pollut. – 1992. – V.64, No.3-4. – P. 575-584.

Hafallner J., Grill D. Die Wiedereinwanderung von epiphytischen Flechten in den Raum Leoben-Hinterberg nach Stillegunu des Hauptemittenten // Mitt. Forstl. Bundesversuchs-anst. Wien. – 1980. – No.131. – S.83-87.

Hallsdottir M. The predictive value of a 12-years record of birch (Betula) pollen abundance in Reykjavik, Iceland.// Materials of Second symposium on Aerobiologi, Vienna – Austria, 5-9 September 2000. P202.

Härtel O., Grill D., Krzyscin F. Die Abgasbelastung in Raum Voitsberg-Köflach – Die Verwendung von Fichtenborke zur Indikation // Mitt Forstl. Bundesversuchsanst. – Wien, 1980. – No.131. – S.241-247.

Hawsworth D.L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide pollution in England and Wales using epiphytic lichens // Nature (London). – 1970. – V. 227. – P.145-148.

Heidt V., Kehlberger S., Schulz A. Die Verwendung von Bioindikatoren neben anderen Messverfahren zur Erfassung der raum-zeitlichen Belastungsstruktur durch Luftschadstoffe // VDI – Ber. – 1987. – No.609. – S.249-269.

Hengel H.E. Stirbt der Wienerwald? // Osterr. Forstztg. – 1988. – V.99, No.4. S.32-33.

Herzig, R. Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland // International J. Environmental Analytical Chemistry. – 1989. – V.35. – P. 43-57.

Hjelmroos M. Interactions between Betula spp. pollen and air pollutants // Materials of II symposium on Aerobiologi, Vienna – Austria, 5-9 September 2000. – P.703.

Hrdlicka P., Kula E. Element content in leaves of birch (Betula verrucosa Ehrh.) in an air polluted area // Trees. – 1998. – V.13. – No.2. – P. 68-73.

Innes J.L. Forest decline in urban areas. A comment // Sci. Total Environ. – 1988. – V.72. – P. 227-233.

Johnsen I., Sochting U. Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area // Oikos. – 1973. – V.24. – P. 344-351.

Johnson, D.W. Air Pollution and the Distribution of Corticolous Lichens in Seattle, Washington // Northwest Science. – 1979. – V.53. – P. 257-263.

Kammerbauer J., Dick T. Monitoring of Urban Traffic Emissions Using Some Physiological Indicators in *Ricinus communis L.* Plants // Environmental Contamination Toxicology. – 2000. – V.39. – P.161-166.

Kandler O. Lichens and conifer recolonization in Munich's cleaner air // Air Pollut. and Ecosyst.: Proc. Int. Symp. – Grenoble, 18-22 May, 1987. – Dordrecht, 1988. – P.784-790.

Karnosky D.F. Air pollution impacts on forest trees: diagnosis and bioindicators // Известия АН Эстонии. Сер. Экол. – 1991. – Т.1, № 4. – С. 145-150.

Kauppi M. Fluorescence microscopy and microfluorometry for the examination of pollution damage for lichens // Ann. bot. fenn. – 1980. – V.17, No.2. – P. 163-173.

Kauppi M. Methodological contributions on the use of lichens as a tool for studying air pollution // Acta univ. ouluen. – 1980a. – A. – No.104. – 22 p.

Keller Y., Bajo S., Wyttenbach A. Gehalte an einigen Elementen in den Ablagerungen auf Fichtennadeln als Nachweis der Luftverschmutzung // Allgem.Forst. – 1986. – H.3/4. – S.69-77.

Kimmerer T. Boxelder, Acer negundo L. // The Natural History of Trees: a Reserch and Educational Project of the University of Kentuky. – 1996-1997. – P.47-50.

Klemm G. Zu Problemen und Aufgaben des Floren- und Vegetationsschutzes in Berlin // Naturschutzarb. Berlin und Brandenburg. – 1987. – 23, № 2-3. – S.34-40.

Koenmann F.-F. Das Beispiel Heidelberg Stadtwald und Landschaftspflege // Allg. Forsts. – 1988. – 43, № 11. – S.250.

Konijnendijk C.C. A Short History of urban Forestry in Europe // Journal of arboriculture. – 1997. – Vol.23. – No.1. – P.75-88.

Kowarik I., Sukopp H. Auswirkungen von Luftverunreiningungen auf die spontane Vegetation (Färn- und Blütenpflanzen) // Angew.Bot. – 1984. – 58. – № 2. – Z.157-170.

Kozlov M.V., Niemelä P., Junttila J. Needle fluctuating asymmetry is a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*) // Ecological Indicators. – 2002. – Vol.1 (4) – P. 271-277

Kubin E. Sulphur content of the epiphytic lichen Hypogymnia physodes as an indicator of atmospheric deposition in Finland // Medd. Nor. inst. skogforsk. – 1989.- P. 109-120.

Küchler A.W. Ecological vegetation maps // Vegetatio – 1984. – V.55, № 1. – P.3-10.

Latalowa M., Jaworska A. Seasonal variation in atmospheric Betula pollen count in Gdansk (southern Baltic coast) in relation to meteorological parameters.// Materials of Second symposium on Aerobiologi, Vienna – Austria, 5-9 September 2000. – M707.

Lawrey, J.D., Hale M.E.. Lichen growth response to stress induced by automobile exhaust pollution // Science. – 1979. – 204. P. 423-424.

LeBlanc F., De Sloover J. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal // Can. J. Botany. – 1970. – V.48. – P.1485-1496.

Lee W. Volunteer Monitoring: A Brief History //The Volunteer Monitor. – 1994. – V.6.№ 1. – P.20-32.

Levin A.G., Pignata M.L. Ramalina ecklonii as a bioindicator of atmospheric pollution in Argentina // Canadian Journal of Botany. – 1995. – V.73, No.8. – P. 1196-1202.

Levitt J. Responses of plant to Environmental Stresses. – New York – London, 1972. – 230 p.

Mal T.K., Uveges J.L., Turk W.K. Fluctuating asymmetry as an ecological indicator of heavy metal stress in *Lythrum salicaria* // Ecological Indicators. – 2002. – Vol.1 (3). – P.189-195.

Mansfield T.A., Lucas P.W., Wright E.A. Interactions between air pollutants and other limiting factors // Air Pollut. and Ecosyst.: Proc. Int. Symp. – Grenoble, 18-22 May, 1987. – Dordrecht, 1988. – P. 123-141.

McPherson E.G., Luttinger N. From Nature to Nature: The History of Sacramento's Urban Forests // Journal of arboriculture. – 1998. – V.24. – No. 2.

Mellišková V., Jamrich V. L'ubovnik bodkovaný (Hypericum perforatum L.) ako fytoindikátor fluorointoxikácie // Acta fac.forest., Zloven. – 1988. – Vol.30. – P. 67-78.

Motti J. Schnell wachsende gehölze und ihre Anwendung in Grünanlagen // Folia dendrol. – 1987. – V.14. – S.147-158.

Neuhäust R. Chemischer Zustand der Atmosphäre in Industriegebieten und die natürliche Vegetation // Acta bot., Acad.Sci.Hung. – 1980. – V.26. – № 1-2. – S.139-142.

Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Being the collected papers of C. Raunkiaer. – Oxford, 1934. – 47 p.

Raza S.H., Shylaja G. Succulents as bioindicators of air environment // Man and Ecosystem. – Proc. 8th World Clean Air Congr. – 1989. P.93-98.

Richardson D. Methodology for volunteer/school monitoring peojects using lichens. – 1997. – October 31. – 25p.

Robinson M., Heath J., Mansfield T. Disturbances in stomatal behaviour caused by air pollutants // Journal of Experimental Botany. – 1998. – V.49. – P. 461-469.

Rodriguez – Rajo F.J., Jato V., Frenguelli G.. The air temperature effect on the forecasting of the Betula pollen season in the South of Europe (1995-2000) // Materials of Second symposium on Aerobiology, Vienna – Austria, 5-9 September 2000. – FC203.

Roloff A. Pflanzen als Bioindikatoren für Umweltbelastungen. 1. Prinzipen der Bioindikation und Beispiel Waldbodenvegetation // Forstarehive. – 1989. – H.60. – No.5. – S.184-188.

Rose F. Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands // Lichenology: progress and problems. – Academic Press, London. – 1976. – P.279-307.

Rossion P. Le retour des lichens // Science et vie. – 1990. – №.878. – P.60-62.

Rumelhart M. L'arbre et le paysage urbain // Rev. forest. fr. 1989. V.41. Num. spec. P. 45-56.

Ryan B.D., Nash T.H. Lichens of wilderness areas in California: baseline studies for monitoring air pollution // Amer. J. Bot. 1990. – V.77. – No.6, Suppl. – P.3.

Salgare S.A., Sebastian T. Monitoring of herbicide toxicity by using pollen as indicators-pollution of angiosperms // Pollution Res. – 1988. –Vol.7. – № 3-4. – P. 135-139.

Schulz H. Enzymatisch-öcologische Untersunchungen an einigen Bodenpflanzen eines naturnahen Berg-Fichtenwaldes. Peroxydaseaktivitätsänderungen als Indikation der experimentellen Störung von Ökosystemelementen // Flora. – 1980. – 170. – No.4. – S.303-315.

Seaward M.R. Lichens as monitors of recent changes in air pollution // Plants Today. – 1989. – V.2, No.2. – P.64-69.

Sen S.P. Environment, information flow and plant life // Trans. Bose Research Institute. – 1981. – V.44. –No.1-2. –P.1-18.

Singh S.K. Phytomonitoring of urban-industrial pollutants: a new approach // Environment Monitoring and Assass. – 1993. – V.24, No.1. – P.27-34.

Smole I. O vplivu onesnaženega zraka na pritalno vegetacijo v gozdu // Zb. Gozd. In Les. – 1990. – 35. – S.29-44.

Sukopp H., Blume H., Kunck W. The soil, flora and vegetation of Berlin' s waste lands // Nature in Cities. – London.1978. – P. 115-132.

Summit J., McPherson E.G. Residential Tree Plantings and Care: A Study of Attitudes and Behavior in Sacramento, California // Journal of arboriculture. – 1998. – Vol.24. – № 2.

Tarun K. M., Joseph L. Uveges J, L., Turk K.W. Fluctuating asymmetry as an ecological indicator of heavy metal stress in *Lythrum salicaria* // Ecological Indicators. – 2002. – Vol. 1(3). –P. 189-195

Tichy J. Twenty five years experience with Picea pungens in heavy polluted areas // Air Pollut. and Forest Decline: Proc. 14th Int. Meet. Spec. Air Pollut. Eff. Forest Ecosyst.2-8 Oct. – 1988. – Vol.2. – P.532-534.

Tompasz K., Mierzeńska M. Antropogeniczne przemiany flory i roślinności w rezerwacie «Skaly Przegorzalskie» w Krakowie w ostatnim trzydriestoleciu // Chrońmy przyr. ojcz. – 1990. – V.46. – № . 6. – P. 32-44.

Tovar D.C. Air pollution and forest decline near Mexico city // Environ. Monit. and Assessment.- 1989. –V.12.- No.1. – P. 49-58.

Trapp S., Zambrano K.S., Kusk K.O., Karlson U. A Phytotoxicity Test Using Transpiration of Willows // Environmental Contamination Toxicology. – 2000. – V.39. – P.154-160.

Westman L. A new method for assessment of visible damage to birch and other deciduous trees // Air Pollut. and Forest Decline: Proc. 14th Int. Meet. Spec. Air Pollut. Eff. Forest Ecosyst.2-8 Oct. – 1988. – Vol.1.- P. 223-228.

Wetmore C.M. Lichens and air quality in Cuyahoga Valley National Recreation Area, Ohio //Bryologist. –1989. – No.3 – P.273-281.

What is Volunteer Monitoring? // Monitoring Water Quality. U.S. Environmental Protection Agency. – 1997. – April 4. – P. 1-5.

Wielgolaski F.E. Phenological modification in plants by various edaphic factors // International Journal of Biometeorology. – 2001, – V.455. – No.4. – P. 196-202.

Willems A.J.W.P., Trepels J.J.. Correlation of 25 years of pollencounts (1975-1999) from Betula, Poaceae, Urtica and Artemisia with the local meteorological parameters temperature and rain)// Materials of Second symposium on Aerobiologi, Vienna – Austria, 5-9 September 2000. – P. 206.

Wilmers F. Green in urban climate // Environ. Meteorol.: Proc. Int. Symp.- Dordrecht, 1988. – P.359-379.

Wittig R., Diesing D., Gödde M. Urbanophob–Urbanoneutral–Urbanophil. Das Verhalten der Arten gegenuber dem Lebensraumstandt // Flora. – 1985. – V.177. – № 5-6. – S.265-282.

Wolters J.H.B., Martens J.M. Effects of Air Pollutants on Pollen // The Botanical Review. – 1987. – V.53(3). – P. 372-414.

Wyttenbach A., Tobler L. The concentration of Fe, Zn and Co in successive needle age classes of Norway spruce // Trees. – 2000. – V.14. – No.4. – P. 198-205.

Содержание

Введение ... 3
1. Фитоиндикация и возможности ее применения в контроле техногенного загрязнения ... 4
1.1. К истории фитоиндикации. Термины и факты ... 4
1.2. Перспективы фитоиндикации в контроле техногенного загрязнения ... 11
2. Экологические особенности городской среды, их значение для растений и биомониторинга ... 18
2.1. Особенности экологических условий урбосреды ... 18
2.2. Физико-географическое положение и геоморфологическая принадлежность территории г. Самары ... 33
2.3. Особенности рельефа г. Самары ... 34
2.4. Климатические условия г. Самары ... 39
2.5. Почвенный покров и растительность ... 45
2.6. Техногенное загрязнение воздуха г. Самары ... 50
3. История формирования системы озеленения г. Самары ... 57
3.1. Особенности исторического развития города Самары и ее системы озеленения ... 57
3.2. Особенности некоторых объектов озеленения г. Самары ... 65
3.3. Основные пути генезиса насаждений в городской среде ... 69
4. К использованию высших растений в биомониторинге состояния урбосреды ... 76
4.1. Особенности мониторинга в насаждениях различного генезиса ... 76
4.2. Возможности мониторинга в насаждениях резидентного генезиса: выявление временных изменений видового состава насаждений ... 79
4.3. Некоторые тенденции изменения экоморфной структуры городских насаждений различного генезиса ... 95
4.4. Биоиндикационная значимость видового состава насаждений креационного (креационно-волюнтарного) происхождения ... 100
5. Перспективы использования лихеноиндикации в урбосреде в условиях лесостепи ... 107
6. Особенности использования экофизиологических реакций высших растений в оценке качества городской среды: вегетативные органы ... 118

6.1. К оценке жизненного состояния древесных растений в групповых насаждениях 118
6.2. Структурно-функциональные особенности листьев древесных растений в условиях урбосреды 128
6.3. Особенности метаболических процессов в листьях древесных растений в условиях урбосреды 137
7. К перспективам использования генеративных структур растений в биомониторинге состояния урбосреды 145
8. Принципы и особенности формирования системы фитомониторинга состояния урбосреды в условиях лесостепи 151
Приложение. Некоторые методы фитоиндикационных исследований 164
Список использованной литературы 181