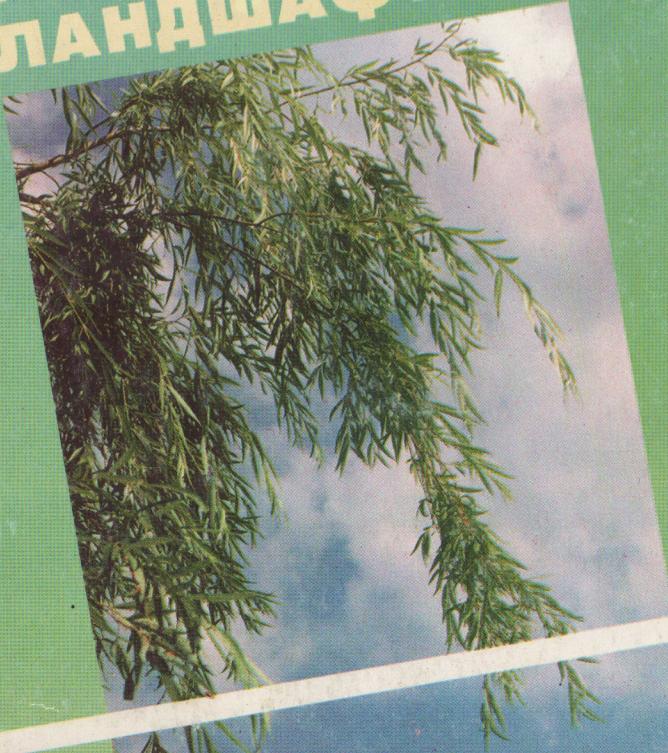


А.Ю. КУЛАГИН

ИВЫ!

ТЕХНОГЕНЕЗ
И ПРОБЛЕМЫ
ОПТИМИЗАЦИИ
НАРУШЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ



УФИМСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН

Институт биологии

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А.Ю.Кулагин

**ИВЫ:
ТЕХНОГЕНЕЗ И ПРОБЛЕМЫ
ОПТИМИЗАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ**



Издательство “Гилем”
УФА — 1998

ББК 28. 081

И17

УДК 582. 623. 2 (470. 55/57):(581. 165. 712+581. 524.34)

Кулагин А. Ю. Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. Уфа: Гилем, 1998. 193 с.

ISBN 5-7501-0043-X

В монографии приводится сравнительная характеристика ценозообразующих видов ив, особенности формирования ивиц в естественных и техногенных ландшафтах. Изложены материалы по фитотоксичности загрязнителей и устойчивости ив в связи с видовыми, формовыми различиями и с учетом двудомности. Рассмотрены особенности адаптациогенеза ив в экстремальных лесорастительных условиях. Показано, что комплекс адаптаций ивовых, сложившийся под действием фактора поемности, обеспечивает успешность произрастания в условиях техногенеза. С учетом экологической видоспецифичности ивовых обосновываются пути их рационального использования при техногенной интродукции и оптимизации нарушенных ландшафтов

Ил. 16. Табл. 36. Библ. – 523 назв.

Ответственный редактор: д-р биол. н., проф. Е. В. Кучеров

Рецензенты:

д-р биол. н., проф. И. Ю. Усманов,

д-р биол. н. А. К. Махнев

*Монография подготовлена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
Грант Президента Российской Федерации 96-15-97070 и
Фонда фундаментальных исследований
Академии наук Республики Башкортостан.*

И 1903040000- 42
16Г(03)-98 без объявления

ISBN 5-7501-0043-X

© А.Ю.Кулагин, 1998

© Издательство "Гилем", 1998

ВВЕДЕНИЕ

Современная биосфера находится в условиях постоянно возрастающего воздействия различных антропогенных факторов. В атмосферу вещества поступают как из естественных источников (гейзеры, вулканы, геотермальные источники), так и в результате производственной деятельности. В последние десятилетия выбросы токсических соединений в атмосферу и их влияние на растительность резко увеличились [Шапринская, 1965; Баттан, 1967; Hangebrauck, Spaite, 1968; Katz, Gale, 1971; Axtmann, 1975; Илькун, 1978; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Тарабрин и др., 1986; Гетко, 1989; Влияние промышленного атмосферного загрязнения..., 1990; Лесные экосистемы..., 1990]. В результате увеличения объемов работ в горно-добывающей промышленности неуклонно возрастают площади нарушенных земель [Колесников, Пикалова, 1974; Кондратюк и др., 1980]. Современное состояние окружающей среды обуславливает необходимость реализации всесторонних подходов к оптимизации среды обитания человека.

Согласно высказыванию А.Е.Ферсмана "промышленная деятельность человека по масштабу перемещения химических элементов делается соизмеримой с деятельностью других факторов" [1958, с. 506]. На сегодняшний день стало очевидным, что решение экологических проблем техногенных ландшафтов только лишь техническими средствами принципиально невозможно [Шварц, 1975].

В.А.Алексеев [1982] указывает, что воздействие на лесные экосистемы, а следовательно, и на отдельные слагающие их элементы (поллютантов и их смесей), специфично. В то же время "оценка жизненности деревьев в настоящее время не учитывает ни специфики воздействия поллютантов, ни видовые и региональные особенности реакции деревьев и сообществ на загрязнители" [Алексеев, 1982, с. 113]. В связи с формированием такого раздела экологии, как "антропогенная экология леса" [Мелехов, 1970, с. 99], ставится вопрос о необходимости выявления "наиболее устойчивых к загрязнению видов и особей, внедрение в сообщество новых видов" [Алексеев, Дочинжер, 1982, с. 18].

Выбросы в атмосферу разнообразных промышленных токсикантов, загрязнение почв и рек [Чертов, 1982], перемещение грунтов при добыче руд и дорожном строительстве, гидротехнические сооружения вносят экологически значимые изменения в ход природных процессов. В ряде случаев заметно ухудшаются условия жизни и труда человека. В связи с этим отмечается переход ботаники с объектов "чистой природы" на объекты промышленной среды. Выделен, сформировался и интенсивно разрабатывается новый раздел ботаники – промышленная ботаника [Тарчевский, 1970; Лавренко, 1971; Колесников и др., 1976; Кондратюк и др., 1980; Коршиков и др., 1995]. В рамках экологии растений и промышленной ботаники как самостоятельное научное направление реализуется индустриальная дендроэкология [Кулагин, 1979, 1985; Баталов, 1987].

Южный Урал и Предуралье представляют собой сложный природный комплекс, в котором лесорастительные условия представлены в ряду от горной тундры до лесостепи [Горчаковский, 1975; Попов, 1980]. Высокий уровень индустриализации и урбанизации региона приводит к нарушениям в природном комплексе [Фаткуллин, Латыпова, 1986], в связи с чем проблема оптимизации техногенных ландшафтов и оздоровления окружающей среды стоит остро [Кулагин, 1980, 1985; Kulagin, 1982; Баталов и др., 1989].

Древесные растения являются эффективным средством снижения загрязнения окружающей среды промышленными выбросами [Илькун, 1971, 1978; Гудериан, 1979; Сергейчик, 1984; Smith, 1985; Тарабрин и др., 1986; Кист, 1987; Никитин, 1987; Гетко, 1989; Джугарян, 1990; Лянгузова, 1990; Бобров и др., 1990; Hoffmann, Gronlberg, 1990; Котов, 1991]. Установлено, что по сравнению с хвойными, широколиственные древесные породы лучше отфильтровывают загрязненный промышленными выбросами атмосферный воздух [Cadiz, Los Santos, 1982].

Анализ роста древесных в условиях промышленного загрязнения показал, в частности, что в последние 20 лет деревья, растущие в городе, произвели органического материала на 40% меньше, чем деревья, растущие на незагрязненном участке [Turcsanyi, 1986]. Стремясь к максимальному использованию всех возможностей древесных растений при оздоровлении окружающей среды, ботаники и лесоводы все чаще обращаются к быстрорастущим древесным породам – к ивам [Красинский, 1950; Тарчевский, Зайцева,

1964; Горчаковский и др., 1966; Гусейнов, 1968; Лукьянец, 1974; Колесников и др., 1976; Антипов, 1979 и др.].

Ивы характеризуются рядом ценных качеств [Морозов, 1950; Скворцов, 1968] и успешно выполняют такие средозащитные функции, как берегоукрепительная, кольматирующая, водоохранная [Система рекомендаций. . ., 1976; Вендрев, Дьяконов, 1976; Николаенко, 1978; Никитин, Спирина, 1985]. Подчеркивается оздоровительная функция ивняков по отношению к загазованному и запыленному атмосферному воздуху [Чуваев и др., 1973] и промышленным отвалам [Шилова, 1974; Пикалова и др., 1976; Баталов и др., 1989]. Многие виды ив при заселении нарушенных промышленностью земель демонстрируют пионерные свойства [Лукьянец, 1974] и способность произрастать в химически загрязненных техногенных экотопах [Лукьянец и др., 1976; Мамаев, Шилова, 1976; Кулагин, 1982]. При этом пионерные группировки ив способствуют ускорению почвообразовательного процесса на промышленных отвалах и повышению их плодородия [Махонина, 1979; Ужегова, Махонина, 1981].

Однако ивы до сих пор остаются в экологическом отношении весьма слабо изученной группой древесных растений. Проблема оптимизации техногенных ландшафтов может быть решена лесоводственными методами, что обеспечивает действительное улучшение состояния природной среды, комплексное использование лесонасаждений [Raup, 1967; Sholto, 1967]. При этом следует учитывать, что большей устойчивостью к антропогенным воздействиям характеризуются более простые в структурном отношении природные экосистемы [Инсаров, 1977], а в жестких лесорастительных условиях упрощение экосистем представляет собой одно из условий их устойчивости [Доброзвольский, 1980]. В практическом плане это означает глубоко дифференцированный подход к использованию ив с обязательным одновременным учетом адаптивных возможностей видов и факторов среды их обитания [Тахтаджян, 1954; Альбенский и др., 1956; Скворцов, 1968; Dickmann, 1991, Good et al, 1992; Meikle, 1992; Rechinger, 1992; Sommerville, 1992; Кулагин, 1994].

А.К.Скворцов [1968] показал неоднородность различных видов ив по морфологии, фенологии, географическим ареалам и местообитаниям в связи с различным происхождением, своеобразием экологово-эволюционных путей и дифференциацией рода на секции.

Из факта экологической неоднородности рода *Salix* следует, во-первых, требование максимально полного учета видовых и формовых особенностей при практическом использовании в фитомелиорации техногенных сред; во-вторых, особое внимание к использованию ив при оценке фитотоксичности различных по физико-химическим свойствам промышленных экскалаторов; в-третьих, неизбежность перестановки видов в рядах устойчивости к различным токсичным соединениям. Все это в целом свидетельствует о целесообразности исследований в данном направлении, гарантирующем получение новых более динамичных и комплексных характеристик экологии видов ив.

Концентрирование нашего внимания на древесных растениях семейства Ивовых диктуется следующими моментами:

- ивовые в филогенетическом плане близки к примитивным формам цветковых, но при этом характеризуются высокими темпами эволюционных процессов [Тахтаджян, 1966; Скворцов, 1968];
- отмечается значительная экологическая дифференциация ивовых [Скворцов, 1968; Kulagin, 1982];
- ивы являются пионерами при заселении техногенных ландшафтов [Лукьянец, 1974; Кулагин, 1982];
- в индустриальных центрах ивы демонстрируют высокую устойчивость к промышленным загрязнителям [Антипов, 1979; Николаевский, 1979; Кулагин, 1983; Кулагин, 1990];
- среди ив есть виды, имеющие жизненную форму деревьев и крупных кустарников, что делает их перспективными при использовании в лесном хозяйстве, защитном лесоразведении и озеленении [Косуров и др., 1986; Баталов и др., 1989].

Экспедиционные исследования в Предуралье и на Южном Урале убедили нас в существовании значительной экологической неоднородности ив по отношению к техногенным факторам. Поэтому было признано целесообразным выполнить цикл экспериментальных работ по определению устойчивости ив к разнообразным токсическим веществам. При этом были взяты, во-первых, виды ив из разных секций, во-вторых, формы одного вида, в-третьих, мужские (тычиночные) и женские (пестичные) растения, в-четвертых, виды ив пойменной, болотной и лесной экологии.

Цель настоящей работы – охарактеризовать в сравнительном экологico-биологическом плане важнейшие ценозообразующие древовидные и крупнокустарниковые виды ив для создания научных

основ их рационального использования в техногенных ландшафтах.

Работа направлена на уточнение феномена экологической дифференциации ив в техногенных условиях, что также связано с эколого-эволюционной оценкой видов рода Ива. Напомним, что ивы рано – в первые 5 лет – начинают плодоносить, характеризуются частыми и обильными семеношениями и выделяются высокими темпами приспособительной эволюции. Следует указать, что в плане техногенной интродукции [Махнев, Мамаев, 1978] ивы представляют объект, заслуживающий интенсивного изучения.

Для достижения поставленной цели исследования нами было предпринято решение следующих задач.

1. Определить закономерности распространения ив в техногенных местообитаниях Предуралья и Южного Урала с учетом зонально-географических условий и особенностей промышленного загрязнения окружающей среды.

2. Экспериментальным путем изучить устойчивость наиболее широко распространенных древовидных и крупнокустарниковых видов ив к различным токсичным веществам в межвидовом, формовом и половом аспектах.

3. Дать сравнительную эколого-биологическую характеристику важнейших видов ив для обоснования использования при фитомелиорации нарушенных земель.

По результатам проведенных исследований дана сравнительная эколого-биологическая характеристика ценозообразующих древовидных и кустарниковых видов ив в техногенных условиях горной южной тайги в пределах Южного Урала, смешанных широколиственно-хвойных лесов, равнинных широколиственных лесов и лесостепи Предуралья. Выявлен видовой состав, рост и состояние пионерных ивняков в ландшафтах, нарушенных деятельностью предприятий нефтехимии, цветной металлургии, энергетики, горно-добывающей промышленности. Экспериментально определена сравнительная фитотоксичность ряда химических соединений из состава промышленных загрязнителей. Определена газо-, кислото-, щелоче-, солеустойчивость в связи с полом и формовым разнообразием ив. Рассмотрены особенности адаптациогенеза ивовых в экстремальных лесорастительных условиях. Разработана фактологическая основа для практического использования ив при техногенной интродукции.

Практическая составляющая данной работы заключается в определении целесообразности использования отдельных видов ив в условиях загрязненного промышленными эмиссиями воздуха, отвалов горно-добывающей промышленности, обезлесенных пойм рек, что находит свое выражение в реализации целевой комплексной программы развития лесного хозяйства Республики Башкортостан.

Автор выражает признательность за советы и консультации по вопросам проведения исследований, обработки фактического материала и подготовки настоящей рукописи д-ру биол. н., проф. А.О.Тарасову, д-ру биол. н. А.К.Скворцову, д-ру биол. н. В.А.Алексееву, чл.-корр. АН Украины, проф. В.П.Тарабрину, чл.-корр. РАН, проф. С.А.Мамаеву, д-ру биол. н. А.К.Махневу, коллегам из Института биологии УНЦ РАН, Ботанического сада УНЦ РАН, Института геологии УНЦ РАН, Института экологии растений и животных УрО РАН, Института леса УрО РАН, Уральской государственной лесотехнической академии, Ботанического института РАН, Ботанического сада АН Белоруссии, Донецкого ботанического сада НАН Украины, Института ядерной физики АН Узбекистана.

Настоящая работа выполнена благодаря советам, содействию и практической помощи со стороны Н.Г.Кужлевой, Л.А.Манкутовой, С.М.Сираевой, Р.Н.Салиховой, И.М.Габбасовой, В.С.Никитиной, Г.В.Шендель, А.А.Баталова, Н.А.Мартынова, И.Р.Кагарманова, Р.Х.Гиниятуллина, О.Б.Горюхина, А.М.Ермолаева, И.Г.Валеева, Е.В.Кучерова, Ф.Х.Хазиева, А.Х.Мукатанова, Н.С.Сахнова, О.Э.Оразова, Р.В.Вафина, Я.Л.Мулюкова, В.В.Горшкова, В.И.Шабурова, которым автор выражает искреннюю и глубокую признательность.

Глава 1

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ПРЕДУРАЛЬЯ И ЮЖНОГО УРАЛА

Род *Salix* L. относится к порядку Salicales Lind., который состоит из одного семейства Salicaceae Mirbel с тремя родами: *Populus* L. (около 40 видов), *Chosenia* Nakai (1 вид) и *Salix* L. (около 300 видов). Порядок Salicales близок к порядку Tamaricales Hutch. [Тахтаджян, 1966]. Общим у них является один предположительный предок – порядок Violales Lindl. Семейство ивовых Ф.Бартлинг [Bartling, 1830, цит. по Тахтаджяну, 1966] сближал с тамариксовыми. К.Бесси [Bessey, 1897, цит. по Тахтаджяну, 1966], А.П.Хохряков [1975] выводили ивовые от тамариксовых или от ближайших предков. Считается, что оба эти семейства имеют происхождение от Violales. У подавляющего большинства видов ив цветки вторично энтомофильные. Цветки ивовых возникли из гермафродитных энтомофильных цветков, снабженных нормально развитым околоцветником, так как нередки соответствующие атавистические аномалии в возникновении обоеполых цветков [Тахтаджян, 1966]. Для ивовых характерна общность в строении древесины, однако не представляется возможным выделение вида, который можно было бы рассматривать как исходный для семейства в целом [Гзырян, 1952].

Ивы существовали по крайней мере в среднем мелу [Graham, 1964, цит. по Скворцову, 1968], т. е. возраст их равен возрасту цветковых растений. Семейство ивовых характеризуется рядом прогрессивных признаков, а именно: небольшим числом плодолистиков и семяпочек, обращенной тenuinuclлярной семяпочкой с одним интегументом, слаборазвитым нуцеллусом, одноклеточной женской археспорией, семенами без эндосперма [Барна, 1975]. Показано [Тахтаджян, 1954], что основные признаки систематических единиц являются приспособительными, а порядки, семейства, роды и виды представляют собой различные ступени приспособительной эволюции.

Ивы распространены на большей части земного шара. Наибольшее число видов приурочено к умеренному поясу северного полушария и, особенно, к его горным и субтропическим районам

[Тихменев, 1973; Минеева, 1980; Walker, 1987; Douglas, 1989, 1991; Секретарева, 1992; Collinson, 1992; B.Huntley, J.P.Huntley, 1992]. Нет ив в Австралии, Океании, восточной половине Индонезии, западной части тропической Африки и тропической Бразилии. Из работ Г.В.Крылова [1961], С.Я.Соколова и О. А. Связевой [1965] и А.К.Скворцова [1968] следует, что ивы белая, трехтычинковая, корзиночная, шерстистопобеговая, козья, серая, остролистная имеют наиболее обширные ареалы и являются самыми распространенными. Ареалы этих видов относятся к европейскому и евразиатскому бореальному типу ареалов [Скворцов, 1968].

Ивы являются характерными видами пойменных местообитаний [Barratt, 1840; Крылов, 1961; Сагитов, 1962; Нечаев, 1967; Горчаковский, Пешкова, 1970; Бокк, 1972; Моисеев, Рубцов, 1980; Goodrich, 1983; Шаталов и др., 1984; Douglas, 1987; Кулагин, 1994], при этом в роде *Salix* на пути эволюционного развития обособились две экологические ветви: одна ведет во внепойменные условия, вторая – в условия длительно затапляемых пойм [Правдин, 1952]. Следует отметить, что при характеристике жизненных форм ив северо-востока выявлен диморфизм популяций, что свидетельствует о динамичности жизненных форм ив [Дервиз-Соколова, 1982].

Ивы – основной компонент древесно-кустарниковой растительности пойм рек, а такие ивы, как белую, трехтычинковую, остролистную, шерстистопобеговую, называют аллювиофилами [Ишбулатова, 1966], указывая тем самым на их приуроченность к активной пойме. Согласно данным М.В.Маркова и М.И.Фирсовой [1955] в поймах рек Волги и Камы, в пределах Татарии, 80% древесно-кустарниковой растительности составляют ивняки. При этом ивняки из ивы корзиночной составляют 65%, из ивы трехтычинковой – 17%, а из ив остролистной, белой и серой – 18% всех ивняков Татарии.

Длительность жизни ив по сравнению с хвойными породами невелика. Ива белая, вероятно, наиболее долгоживущая, ее предельный возраст около 300 лет; ива шерстистопобеговая доживает до 50–60 лет; предельный возраст ивы трехтычинковой не превышает 30 лет [Lattke, 1966, цит. по Бокку, 1968]. Возраст ивы остролистной не превышает 60–80 лет [Корчагин, 1960]. Наши наблюдения в целом согласуются с этими данными, однако было установлено, что возраст ивы трехтычинковой выше – до 50 лет.

Ивы как экологическая и систематическая группа растений характеризуются выраженным светолюбием [Морозов, 1966], что подтверждается исследованиями динамики формирования куста [Ястребов, 1989], влияния солнечной радиации на рост [Cannell et al, 1987; Eckersten, Nilsson, 1990].

Отмечается нетребовательность ив к почвенным условиям, особенно к плодородию почв [Исащенко, 1949; Альбенский и др., 1956; Неверова, 1968]. Показано, что разные виды ив отличаются по требованиям к температуре почвы [Томкус, 1980; Koncalova, Jicinska, 1982]. Подавляющее большинство видов ив предпочитают достаточно влажные почвы [Таран, Агапова, 1981; Marshall, Pattullo, 1981; Niuyama, 1990].

В.И.Шабуров [1963] указывает, что в условиях г. Свердловска ивы в возрасте 2-3 лет, выращенные из черенков и достигшие 1-3 м, достаточно зимостойки. У ивы остролистной, белой, серой, ломкой подмерзаний нет или подмерзают лишь иногда верхушки побегов. Ива каспийская и ива корзиночная (последняя была привезена из центральной черноземной области) страдают от морозов в большей степени – вымерзают до уровня снега.

Отмечается, что при различных антропогенных нагрузках практически не изменилась биомасса ивы [Андреяшкина, 1984].

Ряд авторов [Сукачев, 1953; Левицкий, 1965; Смалюкас, Лапинскене, 1976; Кашапов и др., 1977] отмечают значительную роль ивняков в стабилизации условий местообитания. В степных ландшафтах появление в понижениях и лощинах степи зарослей кустарников, главным образом ивы розмаринолистной, способствует образованию колков [Глумов, 1960]. При осушении болот наблюдается активное внедрение в растительный покров ивы серой и ивы розмаринолистной [Андрисенко, Балашов, 1980], при этом отмечается "значительная экологическая пластиность" ив [Андрисенко, 1980].

Вопрос рекультивации техногенных ландшафтов чрезвычайно важен. Рекультивация определяется как комплекс горнотехнических, инженерных, мелиоративных и биологических мероприятий, имеющих целью создание и ускоренное формирование на площадях, испытавших техногенное воздействие и освобождаемых после промышленных разработок, оптимальных культурных ландшафтов с продуктивным почвенорастительным (биогеоценотическим) покровом [Колесников, 1974]. Башкирское Предуралье и Южный

Урал, в пределах района наших исследований А.И.Лукьянец [1979, с. 74–75] определяет как область "актуальной рекультивации". При этом отвалы вблизи городов Бакал и Учалы относятся к району "неотложной массовой рекультивации", а отвалы Кумертауского угольного разреза – к району "первоочередной локальной рекультивации". В ряде работ, посвященных вопросам рекультивации нарушенных земель, приводятся факты естественного поселения и успешного произрастания в техногенных местообитаниях ив. Так, на гидроотвалах отмечены ива ломкая, трехтычинковая, козья [Тарчевский, Чибрик, 1970], на золоотвалах – ивы ломкая и козья [Тарчевский, 1970; Хамидуллина, 1970], на отвалах угольных месторождений – ивы козья, филиколистная, трехтычинковая, мирзинолистная, черничная, корзиночная, ломкая и другие виды [Грешта, 1966; Лукьянец, 1974; Рева, Бакланов, 1974; Колесников и др., 1976; Махонина, Чибрик, 1978], на железорудных отвалах – ивы корзиночная, козья, ушастая [Терехова и др., 1974; Моторина, Ижевская, 1980], на отвалах молибденового месторождения – ивы козья, корзиночная, деревцевидная, серая [Шилова, 1974], на отвалах месторождения асбеста – ивы козья и корзиночная [Тарчевский, Зайцева, 1964; Махонина, 1987], на отвалах фосфоритных разработок – ива козья [Бельков, 1989], на отвалах месторождения оgneупорных глин – ивы козья и корзиночная, на торфяных карьерах – ивы козья, корзиночная, пятитычинковая [Маковский, Новак, 1974; Прокаев и др., 1979], на загрязненных нефтью техногенных песках – ивы козья, филиколистная, розмаринолистная, шерстистопобеговая, корзиночная, пятитычинковая, серая, копьевидная [Шилова, 1977; Акульшина и др., 1988], в песчаных карьерах месторождений песков – ивы козья, корзиночная, остролистная, пятитычинковая, сухолюбивая, мирзинолистная [Лукьянец, 1979; Прокаев и др., 1979].

А.И.Лукьянец [1974] отмечает участие ив на начальных этапах зарастания отвалов в пределах южной и северной лесостепи, подзоны предлесостепных сосново-березовых лесов и южной тайги, средней тайги и северной тайги. Самозарастание отвалов древесными начинается со второго года после прекращения отсыпки грунта и первоначально сосредоточивается в микро- и мезопонижениях рельефа [Рева, Бакланов, 1974; Лукьянец, 1974, 1982; Мартыненко, 1986]. Успешное возобновление ив на нарушенных землях происходит благодаря наличию анемохорных семян [Лукьянец,

1974; Колесников и др., 1976] и зависит от расстояния от источников обсеменения [Лукьянец, 1982].

Изучение закономерностей распространения ив в различных условиях произрастания необходимо для выделения наиболее устойчивых к экстремальным факторам среды видов. В данной главе изложены материалы по распространению и участию некоторых видов ив в сложении растительного покрова в естественных и техногенных ландшафтах Предуралья и Южного Урала. Особое внимание было уделено роли ив в заселении беспокровных, преимущественно антропогенных субстратов. Приводятся краткие характеристики ивняков на промышленных отвалах, в карьерах, в условиях загрязнения отходами производств, а также характеристики близлежащих к техногенным, естественных ивовых насаждений. Проведены исследования формирования ивовых группировок в зоне действия водохранилища.

В пределах Башкирского Предуралья и Южного Урала были обследованы природные и техногенные местообитания ив и приведены экспериментальные работы (рис. 1).

Основное внимание было уделено:

- в подзоне южной тайги (ботанико-географическое районирование по П.Л.Горчаковскому, 1975) – пионерным группировкам ив на промышленных отвалах близ пос. Тукан, г. Бакал и в окрестностях магнезитового завода г. Сатки, а также в районе оз. Зюраткуль;
- в подзоне предлесостепных сосновых и березовых лесов – группировкам ив по берегам пруда при медеплавильном заводе и ивнякам в долине р. Коса-Елга близ г. Карабаша, пионерным группировкам ив на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината, карьере пос. Межозерный и др.;
- в подзоне смешанных широколиственно-хвойных лесов – ивнякам, сформировавшимся на Павловском водохранилище (р. Уфа) в пределах Уфимского плато;
- в подзоне широколиственных лесов – пионерным и природным группировкам ив в окрестностях Уфимской группы нефтеперерабатывающих заводов, в долинах рек Белой, Демы, Шугуровки;
- в подзоне южной лесостепи – пионерным группировкам ив на промышленных отвалах Кумертауского угольного разреза.

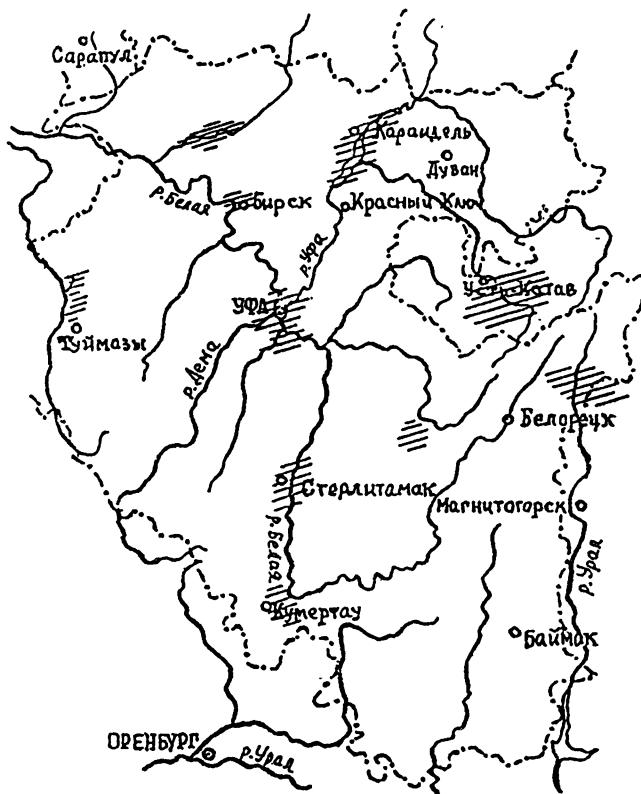


Рис.1. Районы проведения экспедиционных и экспериментальных исследований

Район исследований характеризуется континентальным климатом с абсолютным максимумом температур $+40^{\circ}$ С и абсолютным минимумом -50° С. В подзоне южной тайги выпадает 700 мм осадков в год, в подзоне предлесостепенных сосновых и березовых лесов – 350–400 мм, в подзоне смешанных широколиственno-хвойных лесов – около 550 мм, в подзоне широколиственных лесов – около 500 мм, в подзоне южной лесостепи – около 400 мм [Тахаев, 1959; Кучеров и др., 1976; Попов, 1980].

Полевые исследования и описания группировок древесно-кустарниковой растительности с участием ив проводились с использованием методики В. Н. Сукачева [1966]. Определялась доля

участия отдельных видов ив в сложении растительных группировок. Почвенные исследования в соответствии с общепринятыми подходами [Аринушкина, 1970; Агрохимические методы..., 1975].

Нами были поставлены следующие вопросы:

- определить видовой состав ивовых группировок в естественных и техногенных обитаниях бореально-лесной, широколиственно-лесной и лесостепной зон;
- охарактеризовать особенности поселения и произрастания ив на промышленных отвалах;
- выявить видовой состав и состояние ив в условиях загрязнения атмосферного воздуха и почв выбросами промышленных предприятий;
- исследовать состояние и особенности формирования ивняков Павловского водохранилища на р. Уфе в связи со сменой гидрологического режима реки.

1.1. Распространение ивняков в подзоне широколиственно-хвойных лесов (формирование ивняков на Павловском водохранилище, р. Уфа)

В настоящее время интенсивное развитие промышленности обусловливает радикальные изменения в условиях произрастания растений. На пойменные ивняки наибольшее влияние оказывают гидроэлектростанции [Ореховский, 1962; Мороз, 1983; Lodge, 1989; Аблаев, 1990], при этом длительное затопление и подтопление оказывают отрицательное действие на растительность [Шульга, Максимов, 1991].

Павловское водохранилище на р. Уфе расположено в подзоне широколиственно-хвойных лесов в пределах Уфимского плато и существует с 1961 г. Плато подвергалось сильной карстовой эрозии; расчлененность рельефа обусловлена частыми и глубокими долинами, чередующимися с возвышенными платообразными местоположениями [Наливкин, 1949; Туровцев, 1958]. На природные растительные группировки долины р. Уфы воздействует необычный техногенный фактор, поскольку создание водохранилища можно уподобить "внезапной трансгрессии" [Вендров, Дьяконов, 1976]. Следует отметить, что при создании Павловского водохранилища в пределах эрозионно-карстового карбонатного массива Уфимского плато произошли значительные изменения как в лесо-

растительных условиях, так и в динамике лесной растительности. Здесь формируются новые ивняки и проявляется их барьерная роль по отношению к аллювиальному материалу, накопление которого ведет к заиленнию и постепенному обмелению водохранилища. Прибрежные ивняки в условиях Павловского водохранилища также задерживают гумусированный мелкозем, удобрения и гербициды, сносимые с сельскохозяйственных угодий Бирской и Месягутовской лесостепи.

Согласно данным Т.Н.Кутовой [1953] большинство видов древесных погибают на второй год затопления; в зоне затопления сохраняются ивы серая, пятитычинковая и чернеющая. По краю затопления на территории Дарвинского заповедника (Рыбинское водохранилище, Вологодская и Ярославская области) в заболачивающихся сосняках насчитывается до 700–4500 кустов ив на 1 га, а наиболее распространенными видами являются ива козья, серая, остролистная, пятитычинковая. Вегетационные опыты по затоплению ив [Лобанова, 1955] показали, что ивы по отношению к затоплению делятся на три группы: 1) растения продолжают свой рост под водой, увеличивается длина побегов и распускаются почки (ивы трехтычинковая и остролистная); 2) рост растений прекращается, но под водой сохраняются распустившиеся почки, причем в целом растения хорошо переносят затопление (ивы серая и корзиночная); 3) растения в воде прекращают свой рост, распустившиеся почки гибнут, но не тронувшиеся в рост почки сохраняются и вне воды дают молодые побеги (ива белая).

По отношению к кислороду почвы ивы можно подразделить на следующие группы: а) довольноющиеся малым запасом кислорода в почве (ива серая, ушастая); б) мирящиеся с неполным притоком кислорода (ивы шерстистопобеговая, ломкая, козья); в) нуждающиеся в больших запасах кислорода (ивы белая, корзиночная, остролистная, трехтычинковая) [Морозов, 1966; Аль-Садун, 1983; Бокк, 1986; Good et al., 1992].

Водохранилище воздействует на растительность различными путями. Это, во-первых, затопление и полное уничтожение всей пойменной растительности; во-вторых, подтопление, когда затопленной оказывается часть корневых систем и изменяются физико-химические свойства почв; в-третьих, устраняются паводковые колебания вод, а колебания зеркала воды в период вегетации значительны лишь в отдельные засушливые годы; в-четвертых, вол-

нобой, обуславливающий размывание берегов и сильно затрудняющий поселение древесных растений в прибрежной полосе основной акватории.

В научных публикациях по подзоне смешанных широколиственno-хвойных лесов, находящихся в пределах Уфимского плато и Павловского водохранилища ивам уделялось очень мало внимания [Крашенинников, Кучеровская-Рожанец, 1941; Тахаев, 1959; Жудова, 1966; Природные ресурсы Башкирии..., 1975]. Вместе с тем заметим, что ивы выступают как фильтр по отношению к паводковым и ливневым водам, которые загрязняют воды Павловского водохранилища. Напомним, что оно служит источником чистой пресной воды для населения и промышленности г. Уфы и многих населенных пунктов других районов Башкирии. В связи с этим проведено определение видового состава ив Павловского водохранилища и их экотопической локализации.

Описание ивовых группировок проводилось в нижней, средней и верхней частях водохранилища (рис. 2).

Павловское водохранилище отличается глубоководностью и малым количеством мелководий и пологих прибрежий. Это связано с тем, что долина р. Уфы имеет форму глубокого каньона. Другой характерной чертой является сложение берегов из плотных карбонатов. В этих условиях со времени заполнения водохранилища и, следовательно, со времени уничтожения естественных пойменных ивняков р. Уфы начался процесс формирования новых ивняков.

В верхней части водохранилища резко выражена аллювиальная деятельность р. Уфы и ее притока р. Тюй. В этих условиях возникли острова Суячник и Второй Муллакаевский. Остров Суячник небольшой по размерам (20x50 м). Верхняя часть его по течению полого спускается к урезу воды, в то время как средняя и нижняя подняты на высоту до 2 м. Ивовая растительность острова (табл. 1) представлена в основном пойменными видами. Важно отметить, что в верхней части острова в составе ивняков представлены ивы корзиночная, трехтычинковая, белая; в средней части – кроме перечисленных – и ива серая; в нижней, наиболее высокой части острова, произрастают ива белая, тополь черный, вяз черный, вяз гладкий, единично береза повислая. Распределение древесной растительности в пределах острова отражает сукцессионные смены, которые происходят в процессе активного накопления аллювия, что ведет к выходу участка в режим высокой поймы. Ив-



Рис.2. Районы проведения экспедиционных исследований ивняков в пределах Павловского водохранилища на р.Уфе

иляки острова Суянчик задерживают не только взвешенные в воде частицы, но и порубочные остатки. На Втором Муллакаевском острове ивняки сосредоточены на песчаной косе (см. табл. 1). Стаяя, возвышенная часть острова занята вязовником с примесью тополя черного и ивы белой. На свежем песчаном аллювии поселились ивы трехтычинковая, шерстистопобеговая, корзиночная, бе-

Таблица 1
Краткая характеристика ивняков Павловского водохранилища

Местона- хождение участка	Почвенно- грунтовые условия	Характеристика ивняка			
		видовой состав, %	воз- раст, годы	название сообщества	
1	2	3	4	6	
Остров Суянчик	аллювиаль- ная супесь	70 15 10 5 + + +	И. корзиночн. И. трехтычин. И. белая И. серая Т. черный Вяз гладкий Б. повислая	15-17	ивняк костровый (костер безостый)
Второй Муллаев- ский остров	песчаная коса	85 10 5 + +	И. трехтычинк. И. шерстист И. корзиночн. И. белая Т. черный	5-6	Ивняк беспокров- ный
Устье р Тюй	иловатый аллювий с супесью	80 10 10	И. трехтычин. И. корзиночн. И. белая	12-15	ивняк хвощево- кипрейный (хвощ болотный, кипрей болотный)
Устье р Байка	аллювиаль- ный сугли- нок	50 20 20 10	И. шерстист И. корзиночн. И. ушастая И. трехтычин	15-20	ивняк лабазниког осоковый (лабазник вязолистный, осока пузырчатая)
Караидель- ский остров	иловато- супесчаная почва с признаками поверхност- ного забо- лачивания	40 30 10 10 5 5 +	И. трехтычин. И. ушастая И.мирзинолист И. корзин. И. шерстист И. белая Ольха серая	20	ивняк болотно- разнотравный (кипрей болотный, лабазник вязолист- ный, хвощ болот- ный, осока острая)
Залив близ пос Бай- ряжка	почва ило- вато-болот- ная	+ + + + +	И. корзин. И. трехтыч И. ушастая И. пятитыч. И. козья	15-20	ивняк хвощево- нардосмииевый (хвощ болотный, нардосмия гладкая)
Чолина р Айдос. Высокий уровень поймы	почва луго- вая, черно- земовидная делювиаль- ных отло- жений	80 15 5 + + +	И. корзин И.мирзинолист И. шерстист. И. ушастая И. трехтычин И. серая	20-40	ивняк лабазниково- манжетковый (лабазник вязоли- стный, манжетка трубчатая)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Долина р. Айдос.	иловато-суглинистый аллювий	80 15 +	И. шерстист. И. трехтыч И. корзиноч И. ушастая И. мирзинолист	10-20	ивняк костровый (костер безостый)
Низкая пойма					
Водоразд. плато близ п. Бердяш	серая горно-лесная почва	+	Ель сибирская И. козья	47 7-12	ельник зеленомошный

лая. Следовательно, верхняя часть водохранилища стала в гидрологическом отношении аналогом устья р. Уфы, где задерживается (особенно на островах) значительная часть аллювия.

Аллювиальный фактор проявляется в пределах водохранилища и в новых устьях таких рек, как Тюй и Байка. В устье р. Тюй за счет аллювиальных отложений сформировался выровненный ландшафт, который ежегодно заливается паводковыми водами и на котором произрастает сплошной ивовый массив (см. табл. 1). Устье р. Байка представлено постоянным руслом реки и дополнительными временными протоками. На берегах и по дну этих проток сконцентрирована основная масса ивняков (см. табл. 1). Следует отметить, что залесение обследованных участков древесными растениями происходило в течение первых пяти лет после образования водохранилища. Об этом свидетельствует возраст ив. Видовой состав представлен как пойменными (трехтычинковая, белая, корзиночная, шерстистопобеговая), так и лесоболотными (ушастая, мирзинолистная) ивами. Это обусловливается аллювиальными процессами, тяжелосуглинистым механическим составом почв и их сильным подтоплением. Важно то, что ивы, произрастающие близ устьев рек, впадающих в водохранилище, задерживают не только взвешенные в воде мелкоземистые частицы, но и сносимые порубочные остатки, ограждая тем самым водохранилище от гниющей древесины. Последнее наиболее выражено в устье р. Тюй, текущей по территории Аскинского района Башкортостана с его мощными лесозаготовительными предприятиями.

Караидельский остров находится вне пределов активной аллювиальной деятельности реки. Этот остров представляет собой подтопленную гравию бывшей поймы. На Караидельском острове еди-

нично произрастает ольха серая, возраст которой более 25 лет, т. е. поселилась она до образования водохранилища. В результате подтопления здесь сложились такие лесорастительные условия, в которых вновь появилась возможность для поселения и произрастания прибрежных ивняков.

Способность ив к успешному произрастанию в условиях подтопления отмечал Л. Н. Куражковский [1953]. В заливе близ пос. Байряжка в условиях подтопления также поселяются ивы (см. табл. 1). На Павловском водохранилище нами в условиях подтопления отмечены как пойменные (трехтычинковая, белая, корзиночная, шерстистопобеговая), так и лесоболотные (ушастая, мирзинолистная, пятитычинковая) и лесные (козья) ивы.

Ивы встречаются и в местообитаниях, не подверженных прямому влиянию водохранилища. Это днища логов, примыкающих к водохранилищу и водораздельные плато. Долина р. Айдос имеет каньонообразную форму с двумя пойменными террасами – высокой и низкой (см. табл. 1). На низком уровне четко выражена аллювиальная деятельность, что проявляется в иловато-суглинистых наносах. В этих условиях произрастают ивы шерстистопобеговая, корзиночная, трехтычинковая, ушастая, мирзинолистная. Возраст ив – 15–20 лет. Высокая терраса испытывает минимальное влияние паводковых вод; возраст произрастающих здесь ив – корзиночной, шерстистопобеговой, ушастой, мирзинолистной, серой – составляет 20–40 лет.

На водораздельном плато близ пос. Бердяш в условиях ельника зеленомошного, подвергнутого выборочным рубкам, присутствует многочисленный подрост ивы козьей. В разреженном древостое (сомкнутость крон 0,3–0,4) высота ивы козьей в 4–7-летнем возрасте составляла 0,8–1,2 м. Обследования показали, что такие размёры – следствие систематического обеднения ив лосями. В подобных лесорастительных условиях ива козья способна сформировать древостой.

Следует отметить некоторые закономерности распределения ив в различных местообитаниях. Так, в условиях, где проявляется аллювиальная деятельность (табл. 2), ивняки состоят из пойменных видов, на подтопленных территориях – из пойменных и лесоболотных, а в условиях водораздела произрастает лишь ива козья. Это говорит о четко выраженной способности ив к заселению свободных субстратов и о малой зависимости пойменных ив от фактора

поэмности. Из экологических особенностей лесоболотных видов ив, следует указать на ограниченные возможности этих ив к произрастанию в условиях аллювиальной деятельности вод.

Таблица 2
Эколого-топографическая схема распределения ивняков

Местоположение	Обследованные место-обитания	Растительные сообщества
Верхняя часть водохранилища с интенсивным отложением аллювия и образованием островов	острова: Суянчик, Второй Муллакаевский	ветлянники, ивняки с доминированием ивы трехтычинковой
Устья рек с интенсивной аллювиальной деятельностью	устыя рек Тюй и Байка	ветлянники, ивняки с доминированием ивы трехтычинковой, корзиночной, шерстистопобеговой
Подтопленные прибрежные территории	Караидельский остров, заливы близ пос. Байряжка	ивняки с ивой трехтычинковой, белой, корзиночной, шерстистопобеговой, мирзинолистной, ушастой, пятитычинковой, козьей
Речные поймы, расположенные вне зоны прямого влияния водохранилища	долина р. Айдос	ивняки с доминированием ивы корзиночной и шерстистопобеговой
Внепойменные водораздельные территории	водораздельное плато близ пос. Бердяш	ельник с ивой козьей

С учетом эколого-биологических и морфологических особенностей изученные виды ив можно сгруппировать следующим образом: 1 – суходольные лесные широколистные деревья, избегающие затопления и переувлажненных почв и заселяющие хорошо дренированные свежие лесные почвы (ива козья); 2 – лесоболотные широколистные деревья, избегающие суходольных почв и произрастающие на подтопленных низинно-болотных почвах (ива пятитычинковая); 3 – лесоболотные широколистные кустарники, избегающие суходольных почв, способные выдержать условия речных пойм и произрастающие на подтопленных низинно-болотных почвах (ива серая, мирзинолистная, ушастая). 4 – пойменные узколи-

стные деревья и древовидные кустарники, избегающие суходольных почв и заболоченных низин и заселяющие аллювиальные насысы и низинные почвы с проточным увлажнением (ива белая, шерстистопобеговая, корзиночная, трехтычинковая);

Ивняки прибрежной полосы заливов и устьев рек, несомненно, защищают берега от разрушения, сокращают заиление и улучшают санитарно-гигиенические показатели водохранилища.

1.2. Распространение ив в различных экотопах подзоны широколиственных лесов

В пределах подзоны широколиственных лесов были обследованы группировки древесной растительности в местообитаниях, которые не подвержены резкому воздействию антропогенного фактора (табл. 3).

В пойме р. Белой и ее стариичного озера Архимандритского, а также в пойме р. Демы широко распространены ивы белая, трехтычинковая, серая, шерстистопобеговая.

Приспособленность ивы белой к затоплению проявляется в том, что части стволов под водой обильно покрываются придаточными корнями. Л.Н.Куражковский [1953, с.12–17] указывает, что "... в затопленных лесах по берегам Рыбинского водохранилища встречаются ивы пятитычинковая, чернеющая, остролистная, серая, козья. Кусты ивы серой, не освобождаясь из-под воды в течение 5–6 лет, живут, плодоносят, имеют листья нормального цвета и размера, но дают значительно меньший, чем в нормальных условиях прирост по высоте". И.Р.Морозов [1950] и А.К.Скворцов [1968] отмечают способность ивы трехтычинковой произрастать как в условиях ежегодно затапляемой поймы, так и в условиях водораздельных плато, но при этом необходимо отсутствие конкурентов и достаточное увлажнение субстрата. Белоивняки успешно произрастают на высоких прирусловых валах, их склонах и в межгривных понижениях. Древостоя ивы шерстистопобеговой редко встречаются на низких участках прирусловой поймы, а насаждения ивы трехтычинковой, как правило, не занимают высоких местоположений [Бокк, 1968; Горчаковский, Пешкова, 1970].

В пределах района исследований поселение ив происходит по свежему аллювию. В первые годы доминирующее положение занимает (по числу растений) ива трехтычинковая. Если данная

Таблица 3

**Характеристика ивняков естественных местообитаний подзоны
широколиственных лесов**

Название сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой состав ив, %	Возраст, годы	Высота, м
1	2	3	4	5
Ивняк мертвопокровный	правобережная низкая пойма р. Белой; суглинистый аллювий	трехтычинковая – 60 гравийная – 40	7-12 "-	4-6 "-
Ивняк крапивно-домная, беспорядочный	правобережная низкая пойма р. Белой; гравийный вал	шерстистопобеговая – 50 корзиночная – 20 белая – 20	10-30 10-30 40-50	4-6 4-6 7-8
		трехтычинковая – 10	10-30	4-5
Ивняк костровый	правобережная низкая пойма р. Белой, гравийный аллювий	шерстистопобеговая – 100 супесчаный аллювий	10-20 "-	4-5 "-
Ивняк мертвопокровный	правобережная низкая пойма на р. Белой, песчано-галечниковый аллювий	трехтычинковая – 50 гравийная – 30 белая – 20	5-10 "- "-	2-3 2-3 3-4
Ивняк костровый	левобережная низкая пойма р. Белой; песчано-галечниковый аллювий	трехтычинковая – 50 гравийная – 30 белая – 20	7-10 "- "-	2, 5-3 "- "-
Ивняк вейниково-тростниковый	левобережная низкая пойма р. Белой; песчано-галечниковый аллювий	шерстистопобеговая – 100 белая – +	15-20 "-	3-5 "-
Ивняк бальзаминово-крапивновидный	левобережная высокая пойма р. Белой, гравийно-аллювиальная	белая – 100 супесь гравийная – +	50 "-	15-20 "-

1	2	3	4	5
Ивняк болот- оз. Архимандритское, трехтычинковая	-100	30	3-6	
ный – разно- приозерная низина;				
травный (окоп- иловато-глинистый				
ник лекарст- аллювий				
венный, частуха				
подорожнико-				
вая, сусак зон-				
тичный, рогоз				
'узколистный)				
Ивняк хмелеово- оз. Архимандритское, трехтычинковая	- 90	25-30	6-8	
ежевичный приозерная низина; шерстистопобе-				
(хмель вьющий- почва гумусирован- говая – 10		"-	"-	
ся, ежевика ная суглинистая с				
сизая) признаками оглеения				
Ивняк крапив- левобережная низкая трехтычинковая		10-15	7	
ный (крапива, пойма р. Демы; су- – 45		10-15	7	
двудомная) песчаный аллювий с шерстистопобе-				
глинистым наилком говая – 30		"-	10	
белая – 20		"-	10	
корзиночная – 5		"-	8	
Ивняк крапив- правобережная ста- трехтычинковая	- 95	30	8	
но-ежевичный рица р Демы; аллю- шерстистопобе-				
(крапива дву- виальный суглинок говая – 5		"-	10	
домная, ежеви- ка сизая)				
Ивняк разно- бессточная низина на серая – 100		30	2-3	
травноосоковый водоразделе рек Бе-				
(вербейник лой и Уфы; почва				
обыкновенный, торфяно-болотная				
кипрей болот- ный, осока вла-				
галицкая)				
Черноольшан- левобережная низкая серая – 100		20-30	3-4	
ник осоковый пойма р. Быстрый				
(осока дерни- Танып; почва гуму-				
стая) сированная с призна-				
ками торфонакопле-				
ния				

часть поймы претерпевает такие изменения, что становится заболачивающейся старицей, доминирующее положение ивы трехтычинковой сохраняется, а ива белая, корзиночная и шерстистопобеговая выпадают из состава ивняков.

В том случае, если участок с поселившимися на нем ивами постепенно, в результате отложения аллювия, переходит в высокую пойму, ивы трехтычинковая и шерстистопобеговая выпадают и формируются белоивняки, которые затем сменяются вязовниками.

Очевидно, что на этапе поселения ив важно наличие беспокровного аллювиального субстрата. Механический состав грунта в этом случае не является лимитирующим фактором. Однако в последующие годы повышенная аэрированность субстрата (легкий механический состав) оказывается необходимым условием формирования белоивняков. В то же время отсутствие высокоствольной ивы белой и ивы шерстистопобеговой на почвах более тяжелого механического состава делает возможным сохранение ивы трехтычинковой по заболачивающимся старицам.

Сероивняки формируются в притеррасной части поймы, где в небольших количествах происходит отложение ила и заболачивание. Подобное явление отмечали М. В. Марков и М. И. Фирсова [1955] для поймы рек Волги и Камы.

В техногенных экотопах подзоны широколиственных лесов равнинного Предуралья ивы распространены достаточно широко. Так, в придорожных карьерах в условиях высокой поймы рек Белой и Шугуровки (табл. 4) на почвогрунтах тяжелого механического состава доминирует ива серая. В сложении ивняков отмечено также участие ив лесной и лесоболотной экологии: козьей, ушастой, пятитычинковой; ив пойменной экологии: белой, трехтычинковой, корзиночной, шерстистопобеговой. При этом в пойме р. Шугуровки ивняки подвергаются воздействию дымовых выбросов Уфимской группы нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). Отмечалось отрицательное воздействие дымовых выбросов НПЗ на растительность [Кучеров, Федорако, 1964; Кулагин, 1974; Баталов, Мартынов, 1981]. В этом районе сосредоточены естественные группировки ивы трехтычинковой, белой, корзиночной, шерстистопобеговой, серой, козьей, ушастой. Эти виды проявляют высокую устойчивость к дымовым выбросам, в составе которых преобладают углеводороды с примесью двуокиси серы, окиси углерода, сероводорода. На листьях этих растений отсутствуют некрозные

пятна, отмечен нормальный рост в высоту, развитие крон и плодоношение. Заслуживает внимания факт самосева таких видов ив, как трехтычинковая, белая, шерстистопобеговая, серая, мирзинолистная. На территории нефтеперерабатывающего завода, близ градирни, в условиях повышенной загазованности воздуха и увлажнения минерализованного глинистого грунта отмечается разновозрастность (5–10 лет) насаждений.

Факт доминирования ивы белой в составе древесных на дамбе, сложенной из речного мелкозернистого песка с гравием (см. габл. 4) свидетельствует о ее аэрофильности. Добавим, что на почвогрунтах тяжелого механического состава доля участия ивы белой в сложении ивовых группировок значительно ниже.

Если ива белая и ива серая проявляют резко отличительные черты экологии по отношению к механическому составу почвогрунтов, то остальные упомянутые здесь виды ив занимают промежуточное положение и их требовательность к субстратам выражена в меньшей степени.

Поселение ив на минерализованных техногенных субстратах происходит при отсутствии какого-либо растительного покрова, что свидетельствует о "пионерности" ив. Это положение согласуется с выводами исследователей пойменных сукцессионных смен [Горчаковский, Пешкова, 1970]. Ивняки дамб и карьеров тем устойчивее, чем менее благоприятны почвенно-грунтовые условия для поселения и роста других древесных пород. Наибольшее видовое разнообразие ив отмечено в придорожных карьерах.

Таблица 4

Характеристика ивняков техногенных местообитаний широколиственных лесов

Сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой состав ив и др. древесных, %	Возраст, годы	Высота, м
1	2	3	4	5
Ивняк ежевич- ный(ежевика сизая)	левобережная дамба белая – 90 моста через р. Дему; осина – 5 субстрат – речной песок вяз гладкий – 5 с гравием козья – +	20-30 "- "- "- "-	12-14 "- "- "- "-	
Ивняк белополовицевый (полевицевый)	карьер в высокой пойме серая – 70	10	2, 5-5	
левицевый (полевицевый)	субстрат – корзиночная-15	"	"	
левица белая)	глинистый речной аллювий	" головая – 10 белая – 5 козья – + ушастая -- +	" "- "- "- "-	" "- "- "- "-

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
Ивняк хвоще-	карьер в высокой пойме серая – 40	7	2-4	
воболотный	р. Шугуровки; заболо- ушастая – 30	"-	"-	
(хвощ болот-	ченная иловато-глеевая трехтычинковая – 30	"-	"-	
ный)	почва	шерстистопобе-		
		говая – +	"-	"-
		пятитычинковая – +	"-	"-
Ивы на мертвовыровненная площадка шерстистопобе-				
покровном суб-	на территории НПЗ; говяд – 50	5-10	1-5	
страте	глинистый субстрат	белая – 20	"-	1-6
		серая – 20	5	1-2
		трехтычинковая – 5	5	1, 5-2
		мирзинолистная – 5	5	1, 5
Ивняк тростни- правобережная низкая трехтычинковая		15	2-4	
ково-кипрейный пойма р. Шугуровки; – 40		"-	"-	
(тростник обык- иловато-суглинистый	шерстистопобе-			
новенный)	аллювий	говая – 20	"-	"-
		серая – 20	"-	"-
		ушастая – 20	"-	"-
		белая – +	"-	"-
		корзиночная – +	"-	"-
Ивняк костро- левобережный приру- трехтычинковая – 95		15	2-4	
вый	(костер словый сегмент в низ- корзиночная – 5	"-	"-	
бездостый)	кой пойме р. Шугуров- шерстистопобе-			
	ки, супесчано-сугли- говяд – +	"-	"-	
	нистый аллювий	белая – +	"-	"-

1.3. Распространение ив в пределах подзоны южнотаежных лесов

В естественных местообитаниях подзоны южнотаежных лесов ивы характеризуются ограниченным распространением. В долинах рек преобладают сероольшанники. Из ив отмечаются виды лесоболотной экологии. Так, на заболоченной низине оз. Зюраткуль преобладает ива пятитычинковая (табл. 5). В районе хр. Зюраткуль отмечены ивы пятитычинковая, козья, серая, ушастая.

В.Б.Тарчевский и Л.К.Зайцева [1964] отмечали, что древесные и кустарниковые растения, в том числе и ивы, на отвалах начинают поселяться одновременно с травянистой растительностью, но развиваются крайне медленно. Позднее было показано [Пикалова и др., 1976], что сукцессионные процессы группировок с вейником наземным и щучкой дернистой ведут к формированию лесных сообществ с участием ив и других древесных.

Изучение видового состава древесных растений показало, что на отвалах Бакальского рудоуправления (железорудное месторождение) с преобладанием доломитов, известняков, кварцитов [Пикалова и др., 1981] наряду с сосной обыкновенной, осиной, березой пушистой, произрастают ель сибирская, лиственница Сукачева, рябина обыкновенная. Как следует из табл. 5, ивы представлены следующими видами: козьей, мирзинолистной, серой, пятитычинковой. На щебнисто-глинистых отвалах отмечается разновозрастность (3–14 лет) и разновысотность (0,1–2,6 м) ив, что указывает на растянутость процесса заселения отвалов. Добавим, что в ближайшей к отвалам речной долине были отмечены ивы козья, пятитычинковая, серая, мирзинолистная, произрастающие единичными кустарниками и куртинами.

На территории Саткинского магнезитового завода в условиях постоянного запыления окисью магния ивы произрастают по бортам водосточной канавы (см. табл. 5). Заселение произошло в первые 2–3 года после образования минерализованного субстрата. В приканавном ивняке преобладает ива шерстистопобеговая.

В окрестностях Саткинского магнезитового завода в условиях постоянного запыления окисью магния успешно произрастают такие виды ив, как шерстистопобеговая, серая, козья, пятитычинковая. Они образуют группировки по подошвам горных склонов. Высокая устойчивость этих ив подтверждается не только отсутствием некрозных пятен на листьях и удовлетворительным ростом, но и фактом самосева ивы шерстистопобеговой, серой и козьей на территории завода на минерализованных и увлажненных почвах.

Отвалы действующего Туканского рудника (Зигазино-Комаровское железорудное месторождение) представляют собой систему платообразных возвышенностей, уступами приподнимающихся над окружающей местностью. Вскрышными породами являются здесь глины и глинистые сланцы. Процесс уплотнения отвальных грунтов происходит медленно, отвалы подвержены оплыvанию и размыву.

Ивы поселяются на пяти-, семи-, десяти- и двадцатилетних отвалах. Отмечены два вида ив: козья и пятитычинковая (см. табл. 5). Были обследованы участки отвалов, расположенные в 50–450 м от сосново-березового леса, в котором произрастает ива козья. Результаты анализов образцов грунта представлены в табл. 6.

Таблица 5

Характеристика ивняков подзоны южнотаежных хвойных лесов

Сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой состав ив, %	Возраст, годы	Высота, м
<i>Район хр.Зюраткуль</i>				
Ивняк осоковый (осока заболоченная низина пятитычин-влагалищная)	оз.Зюрат-куль близ ковая – 80 устья р.Малый Кыл; ушастая – 10 иловато-болотная серая – 10	6-11 "- "-	1,5-2,5 "- "-	
Единичные ивы по подгольцовому поясу козья – + границе манжетово- хр.Зюраткуль; луго- пятитычин-щучкового луга и элю- вая слабо гумусиро- ковая – + вия кварцитов (ман- ванная почва ушастая – + жетка волосистосте- серая – + бельная, щучка дерни- стая)		20-22	7	
<i>отвалы Бакальского рудника</i>				
Ивняк с березой пуши- северный склон; козья – 35 стой, мать-и-мачеха щебнисто-глинист- мицринолист- тый субстрат ная – 30	6-9	0,3-0,7		
	пятитычин- ковая – 25	6-10	0,1-0,5	
	серая – 10	3-9	0,1-0,6	
Березняк с ивами, терраса; глинисто- козья – 70 мать-и-мачехой щебнистый субстрат мицринолис- тная – 15	6-8	0,3-0,4		0,6-2,6
	серая – 15	9-14	1,5	
Ивняк с березой повис- самосвольная отсып- козья – 90 лой, сосновой обыкновен- ка, щебнисто-глинист- мицринолист- ной тый субстрат ная – 10	13-14	1,6-2,1		1,0-2,8
<i>Территория Саткинского магнезитового завода</i>				
Ивняк с пыреем ползу- откос заводской во- шерстисто- чим досточной канавы; побеговая – 90	15-20	2-5		
	минерализованная козья – 5	"	4	
	почва мицринолист- ная – 5	"	3	
<i>Отвалы Туканского карьера</i>				
Единичные: сосна западный склон (25°- козья – + обыкновенная, береза 30°); глинисто-щеб- повислая, береза пуши- нистый грунт стая, ива козья	5-8	0,05-0,15		
Единичные: сосна терраса 1-го уровня; козья – + обыкновенная, береза глинисто-щебнистый серая – + повислая, береза пуши- грунт стая, осина, ивы с мать- и-мачехой	3-7 2-5	0,05-0,3 0,04-0,31		
Единичные: сосна западный склон (30°) козья – + обыкновенная, береза над террасой 3-го пятитычин- повислая, береза пуши- уровня; глинисто- ковая – + стая, осина, ивы с мать- щебнистый грунт и-мачехой	2-5 3	0,03-0,18 0,05		
Единичные: сосна терраса 5-го уровня; козья – + обыкновенная, береза мелко-щебнистый повислая, береза пуши- грунт стая, осина, ива козья	1-3	0,01-0,18		

В 3 км от отвалов находится р. Зигаза. В широкой пойме этой реки древесная растительность представлена ольхой серой и ивами серой, пятитычинковой. Несколько дальше (около 10 км) от отвалов Туканского карьера, в пойме р. Малый Зилим, наряду с ольхой серой отмечены ивы козья, серая, пятитычинковая, мирзинолистная, корзиночная, шерстистопобеговая, трехтычинковая.

Отсутствие большинства видов ив в составе древесной растительности на отвалах Туканского карьера объясняется трудностью заноса анемохорных семян вследствие горного рельефа местности.

Следует отметить, что на отвалах ивы приурочены к неровностям рельефа (западины) и глинисто-щебнистым и щебнисто-глинистым субстратам. Очевидно, в этом случае формируются наиболее благоприятные условия для поселения и произрастания древесных растений. В первую очередь это лучшее влагообеспечение, проявляющееся в том, что зимой в неровностях рельефа задерживается снег; осадки в виде дождя в таких условиях также задерживаются лучше. Решающим условием произрастания выступает аэрированность и увлажненность субстрата, что обусловлено смесью глины и щебня, а также микрорельефом.

1.4. Распространение ив в подзоне предлесостепенных сосновых и березовых лесов

Для подзоны предлесостепенных сосновых и березовых лесов выявлен довольно многочисленный видовой состав ив (табл. 7). Отметим, что в естественных местообитаниях как в приозерных низинах, так и в поймах рек доминируют ивы лесоболотной экологии. Доминирование ивы пятитычинковой и ивы мирзинолистной определяется тем, что поймы рек Урала и Калынташ неразвитые; отсутствуют мощные аллювиальные отложения.

В рассматриваемой подзоне на отвалах и в карьерах, образующихся при разработке медно-колчеданных месторождений, наряду с березой повислой, сосной обыкновенной, осиной нами было отмечено естественное возобновление ив (табл. 8). На северо-западном склоне карьера "Межозерный" поселяются древовидные ивы козья, пятитычинковая, шерстистопобеговая и кустарниковые ивы мирзинолистная, серая, грушанколистная. Травянистый покров развит слабо и представлен мать-и-мачехой, шведкой стелющейся, полынью горькой. Ивы образуют группировки, в составе которых доми-

Таблица 6

Результаты анализов образцов грунтов с промышленных отвалов

Место взятия образца	Глубина взятия образца, см	Вскипание от HCl %	Гумус, рН	Гидролитическая кислотность	Ca ⁺⁺ , мг/экв.	Mg ⁺⁺ , мг/экв.	N, мг/кг	P валовый, Мг/100г	P подвижный, Мг/100г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Отвалы Туканского карьера</i>									
Западный склон: единичные сосна обыкновенная, береза повислая, пушистая, осина, ива козья	0-20	нет	0,21	5,98 1,75	2,88	2,89	420	352,0	0,69
Terrassa низкого уровня: единичная сосна обыкновенная, береза повислая, береза пушистая, осина, ивы с мати-мачехой	0-20	нет	0,45	5,61 1,75	2,88	2,89	553	416,0	0,63
<i>Северо-восточные отвалы Учалинского ГОК</i>									
Каменистый субстрат: ивы с мати-мачехой, шведкой стелющейся	0-20	нет	1,38 4,38	8,75 12,49	11,54	504	320,0 3,7	2,1;	

Продолжение табл. 6

1	Северо-западный склон, 35°, красно-желтая глина, экспериментальные посадки ив	0-20	нет	0,17	4,18	8,05	34,60	17,29	-	10	11	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Северо-восточные отвалы Кумертауского угольного разреза										
		бурунное	1,75	7,53	1,05	25,00	7,63	511	368,0	3,85		
		бурунное	2,00	7,44	0,67	29,79	6,73	602	384,0	5,10		
		Иваняк трехтычинковый донниково-поливицкий	0-20	среднее	1,43	7,74	0,35	16,34	4,80	399	352,0	1,45
			0-20	среднее	1,43	7,74	0,35	16,34	4,80	399	352,0	1,45

нируют ивы козья, мирзинолистная, пятитычинковая. Для этих группировок характерна разновозрастность (4–20 лет) и разновысотность (0,5–4,5), что указывает на значительную длительность процесса заселения субстрата ивами.

На отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината (ГОК) поселяются такие виды древесных, как береза повислая, береза пушистная, сосна обыкновенная, ивы (см. таблицы 6, 8). Ивы образуют разреженные группировки, в составе которых доминируют те же ива козья, пятитычинковая, мирзинолистная. Поселяются также ивы серая, грушанколистная, ушастая, розмаринолистная. Отмечается разновозрастность (1–10 лет) и разновысотность (0,07–1 м). Однако следует подчеркнуть, что основная масса ив представлена 5–7-летними растениями, которые преимущественно поселяются и произрастают на невыровненном щебнисто-глинистом субстрате. На выровненных участках ивы приурочены к скоплениям глыбистого материала.

Отметим, что видовой состав ив в естественных и техногенных ландшафтах подзоны сосновых и березовых лесов совпадает, что является следствием беспрепятственного распространения их анемохорных семян и успешного поселения на отвалах и в карьерах. Если на карьерах и отвалах горно-добывающей промышленности в процессе возобновления ивы участвуют совместно с березой и сосной, то в придорожном карьере близ железнодорожной станции Учалы сформировался лугово-разнотравный ивняк (см. табл. 8). Это связано с периодическим избыточным весенне-летним увлажнением. В таких условиях доминирует ива пятитычинковая со значительной примесью таких видов ив, как серая, трехтычинковая, мирзинолистная, козья, розмаринолистная, грушанколистная, шерстистопобеговая, корзиночная. В отличие от растительности на отвалах и карьерах ГОК здесь возраст ив колеблется в пределах 12–15 лет, а высота – 1–5 м. Это свидетельствует о том, что заселение карьера произошло в первые три года после завершения строительства железной дороги. Добавим, что в придорожном карьере отмечается наиболее разнообразный видовой состав ив.

Близ Карабашского медеплавильного завода, выбрасывающего двуокись серы, успешно произрастают (см. табл. 8) ивы трехтычинковая, белая, мирзинолистная, серая, козья. При этом ивы демонстрируют достаточно высокую газоустойчивость, что проявляется в слабых газовых ожогах листьев и нормальном росте.

Таблица 7

Характеристика ивняков естественных экотопов подзоны предлесостепенных сосновых и березовых лесов

Сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой со-став ив, %	Возраст, годы	Высота, м
Березняк осоковый с северный берег оз. Чап- ивами (осока дернистая)	серая – 90 тыкуль, приозерная ушастая – 10 низина; низинный, дре- весно-осоковый торф	– 90 – 10 – +	10 10 10	2 1,5 3
Куртины ив по опушке высокая пойма р. Урал сероольшанника (пивно-лабазникового) края (крапива двудомная, почва лабазник вязолистный)	(верхнее течение); лу- говая черноземовидная грушанко-листная – 15 шерстистопобеговая – 15 розмарино-листная – 10 корзиночная – 10 мирзинолист- ная – 5 серая – 5 ушастая – 5 трехтычин- ковая – +	– 35 – 15 – 15 – 10 – 5 – 5 – 5 – +	15-25 –" –" –" –" –" –" –"	2-5 2-3 3-5 1-2 2-3 2-3 2-3 2-3
Сероольшанник края долина р. Калынташ (пивно-лабазниковый с низкая пойма; ивами (крапива двудом- лабазник вязолист- ный)	гумуси- ная – 30 рованная суглинистая почва делювиальная почва	листная – 25 пятитычинко- вая – 25 трехтычин- ковая – 10 шерстистопобеговая – 10 ушастая – +	25-30 –" –" –" –"	2-3 3-4 3-5 2 2-4 2
Березняк осоковый с северо-восточная часть ивами (осока дернистая) оз. Ургун; низина, низинный торф	часть серая – 100 приозерная пятитычинко- вая – +	– 100 – +	20-30 –"	1-3 2-3

Таблица 8

Характеристика ивняков техногенных ландшафтов подзоны предлесостепенных сосновых и березовых лесов

Сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой состав ив, %	Возраст, годы	Высота, м
1	2	3	4	5
<i>Северо-западный борт карьера "Межозерный"</i>				
Ивы с вейником тростниковидным	склон; глинистый щебнисто-глинистый субстрат	мирзинолист-ная – 75 ушастая – 20 серая – 5	5-7 4-5 7	1-1,7 1 2
Ивы с мать-и-мачехой	терраса на склоне; щебнисто-глинистый субстрат	козья – 70 мирзинолист-ная – 15 шерстистопобеговая – 15 ушастая – +	5-13 5-8 5-13 5	0,5-3,5 1-2 0,7-1,5 1,1
Ивы с мать-и-мачехой	склон; щебнисто-глинистый субстрат	козья – 70 розмаринолистная – 20 серая – 10	4-13 5 4	1-4 2 1,2
Ивы на бестравном субстрате	терраса на склоне; щебнисто-глинистый субстрат	пятитычинковая – 60 мирзинолист-ная – 25 грушанко-листная – 10 шерстистопобеговая – 5	20 20 20 20	3-4,5 1,8-4 3-3,5 3
<i>Северо-восточные отвалы Учалинского ГОК</i>				
Ивы с мать-и-мачехой, самосвальная отсыпка, шведкой стелющейся	каменистый субстрат	козья – 40 мирзинолист-ная – 20 ушастая – 20 пятитычинковая – 10 грушанко-листная – 10	5-7 5-7 7 5 7	0,25-0,8 0,5-1 1 0,4 0,4
Ивы с мать-и-мачехой, склон; смолевкой башкирской	каменистый мелкоземом субстрат	пятитычинковая – 40 мирзинолист-ная – 25 грушанко-листная – 20 козья – 10 ушастая – 5	2-5 3-6 1-2 3-5 5	0,05-0,4 0,03-0,7 0,01-0,03 0,08-0,1 0,15

Продолжение табл. 8.

1	2	3	4	5
Ивы с мать-и-мачехой	склон; щебнисто-глинистый субстрат	мирзинолистная – 40 козья – 25 серая – 25 ушастая – 5 пятитычинковая – 5	4-10 4-10 2-10 2-9 5-8	0,05-0,9 0,05 0,03-0,2 0,07-0,3 0,2
<i>Придорожный карьер близ ст. Учалы</i>				
Ивняк лугово-разно-листный, хвощ обыкновенный)	субстрат – травяной (мятлик узко-листный, мать-и-мачеха, тростник обыкновенный)	тяжелый пятитычинково-трехтычинковая – 45 серая – 20 пятитычинковая – 15 мирзинолистная – 10 козья – 5 розмаринолистная – 5 грушанко-листная – + ушастая – + шерстистопобеговая – + корзиночная – +	12-15 -" -" -" -" -" -" -" -" -" -" -	2-4 1-2 2-3 1-2 1-2 1,5 1-2 1-2 2-3 1-2
<i>Окрестности медеплавильного завода г. Карабаша</i>				
Ивняк тростниковый мать-и-мачехой (тростник обыкновенный)	северный берег завода, низина, субстрат	трехтычинковая – 70 мирзинолистная – 20 серая – 10 белая – +	5-10 5-10 5-10 20	1-2 1-2 1-2 8
Березняк вейниковый с ивами (войник тростниковоидный)	район лесничества, восточный склон; мелковидный	козья – 100 козем со щебнем	2-7	0,15-0,3
Ивняк хвощево-тростниковый (хвощ болотный, тростник обыкновенный)	долина р. Коса-Елга, в заводского пруда	пятитычинковая – 75 мирзинолистный участок; грунт – донный ил из завода	15-20	1,5-3
		из ная – 10 серая – 5 трехтычинковая – 5 белая – 5 шерстистопобеговая – +	-" -" -" -" -"	-" -" -" -" -"

В долине р. Коса-Елга при очистке заводского пруда в низину, отгороженную дамбами, были принесены донные иловые отложения, которые можно назвать техногенным аллювием. Мощность техногенного аллювия достигает 120 см. Естественная растительность – березняк тростниково-хвощовый с ивами – была частично погребена под этим илом. Береза пушистая погибла, а ивы сохранились, благодаря образованию придаточных корней. Этот "эксперимент" позволяет отметить высокую устойчивость к погребению ивы пятитычинковой, мирзинолистной, серой, трехтычинковой, белой и шерстистопобеговой (см. табл. 8). Рост и состояние этих полупогребенных ив хорошие, о чем, в частности, свидетельствует плодоношение ивы пятитычинковой, трехтычинковой и шерстистопобеговой.

1.5. Ивы техногенных ландшафтов подзоны южной лесостепи

Кумертауское месторождение бурого угля расположено в пределах подзоны южной лесостепи Предуралья. Бурые угли залегают в толще песчано-глинистых осадочных пород, поэтому промышленные отвалы практически не содержат токсических соединений, за исключением засоленных участков, которые располагаются пятнами и составляют незначительную площадь.

Естественное возобновление древесных происходит с участием ив (см. табл. 6, 9). Отвалы (возраст около 10 лет) сложены из глины с кремнистыми сланцами, и их просадка и эрозия продолжается до сих пор. В результате этого в пределах террас образуются котловины, которые заполняются водой; весенне-летние водные потоки перемещают грунты и формируют конусы выноса.

Успешно поселяются и произрастают в таких условиях ивы пойменной экологии: трехтычинковая, белая, корзиночная. Доля участия ив лесоболотной экологии в сложении растительных группировок ниже, чем в техногенных ландшафтах лесных подзон.

Результаты исследований свидетельствует о том, что большинство ценозообразующих видов ив характерно как для Предуралья, так и для Южного Урала. Отмечается экотопическая локализация ивы серой в переувлажненных эвтрофных условиях с низкой проточностью. Ива козья мирится с щебнистостью отвальных грунтов

Таблица 9

Характеристика ивняков северо-восточных отвалов Кумертауского угольного разреза

Сообщества	Рельеф и почвенно-грунтовые условия	Видовой состав ив, %	Возраст, годы	Высота, м
Ивняк трехтычинковый чашковидное понижение в пределах террасы; вая – 45 (донник белый, полеви- глинистый субстрат ча белая)	трехтычинко-лонниково-полевицевый	беляя – 25	3-7	0,15-2,0
		корзиночная –	4-8	0,8-3,5
		15	5-8	0,1-2,5
		шерстистопобеговая – 5	3-8	0,2-3,2
		козья – 5	3-7	0,4-3,7
		серая – 5	3-5	0,3-2,0
		ушастая – +	5-7	0,7-1,0
		пятитычинковая – +	3-4	0,5-1,0
Ивняк трехтычинковый мезопонижение у основания оплывающего рогозовый (рогоз узко-листный)	трехтычинковая – вания оплывающего склона; суглинок с темноцветными пятнами органического происхождения	корзиночная –	6-17	0,3-2,3
		20	"	0,2-2,0
		белая – 15	"	0,4-3,0
		серая – 15	"	0,3-1,8
		шерстистопобеговая – 10	"	0,2-2,3
		Виноградова – +	"	0,7-1,2

и не занимает доминирующего положения в пойменных местообитаниях с выраженной аллювиальностью. Требовательной к аэрированности почво-грунтов в сочетании с аллювиальностью и повышенной проточностью является ива белая. Ива шерстистопобеговая формирует группировки на суглинистых субстратах в условиях поймы как в естественных, так и в техногенных экотопах. Ива трехтычинковая характеризуется значительной эвритопностью, что подтверждается произрастанием в различных условиях проточности и аэрированности.

Из вышеизложенного следует:

1. В подзоне широколиственно-хвойных лесов в районе Павловского водохранилища произрастают ивы, характерные для речных пойм, сырых низин и лесов Уфимского плато. На аллювиальных наносах, характерных для верхней части водохранилища и устьев рек, впадающих в водохранилище, формируются ивняки с

доминированием ив корзиночной, трехтычинковой, шерстистопобеговой. В условиях подтопления, кроме перечисленных видов, успешно произрастают ивы белая, мирзинолистная, ушастая, серая, козья, а на суходольных – ива козья.

Ивняки, сосредоточенные на островах в верхней части Павловского водохранилища и по устьям рек, заполняют ярко выраженную кольматирующую функцию, ограждая водохранилище от заиливания и захламления порубочными остатками.

2. В подзоне широколиственных лесов природные ивняки сосредоточены в поймах рек и в заболоченных низинах. В пойменных группировках доминируют ивы трехтычинковая, шерстистопобеговая, белая, а в условиях заболачивания – ива серая. Ива трехтычинковая выдерживает режим заболачивающихся стариц.

В условиях постоянной загазованности атмосферы отходами нефтеперерабатывающих заводов успешно произрастают ивы шерстистопобеговая, трехтычинковая, белая, серая, мирзинолистная. Видимых повреждений крон ив не отмечается. Сходный видовой состав ив отмечается и в других техногенных местообитаниях. Весьма редко встречается в данной подзоне ива пятитычинковая.

3. В подзоне южнотаежных лесов ивняки формируются в приозерных низинах, где доминирует ива пятитычинковая. В техногенных местообитаниях преобладают ивы лесоболотной экологии. Ива козья доминирует на железорудных отвалах, где следует отметить отсутствие ив пойменной экологии. В условиях запыления окисью магния успешно произрастают ивы шерстистопобеговая, козья, мирзинолистная.

4. В подзоне подлесостепенных березовых и сосновых лесов отмечается сходный видовой состав ивовых группировок как в естественных, так и в техногенных местообитаниях. Доминирующее положение занимают ивы мирзинолистная, серая, козья, пятитычинковая, трехтычинковая. На промышленных отвалах ивы приурочены к площадям с невыровненным щебнисто-глинистым субстратом.

Ивы трехтычинковая, белая, корзиночная, шерстистопобеговая незначительно повреждаются выбросами медеплавильного завода, в которых преобладает двуокись серы.

5. В южной лесостепи Предуралья на отвалах месторождения бурого угля ивняки с доминированием ивы трехтычинковой формируются по повышенно увлажненным депрессиям рельефа и по

подошвам склонов. Содоминантами выступают ива белая и ива корзиночная. В ограниченном количестве представлены ива Виноградова, ушастая, пятитычинковая.

6. Изменения видового состава прирусовых ивняков, которые представлены ивами белой, трехтычинковой, шерстистопобеговой, происходят по следующим направлениям: 1 – при увеличении мощности аллювия, понижении уровня грунтовых вод и сокращении частоты и длительности весенних паводков, т. е. при переходе низкой поймы в режим высокой, где из-за ухудшения водоснабжения и затенения выпадают сначала ива трехтычинковая и корзиночная, затем ива шерстистопобеговая, а формируются белоивняки (ветлянники); 2 – при меандрировании русла реки с образованием стариц в связи с их заболачиванием из состава древостоя выпадают ива белая, шерстистопобеговая и корзиночная, но сохраняется ива трехтычинковая.

7. В техногенных ландшафтах обследованных подзон Предуралья и Южного Урала широко распространены ивы лесоболотной экологии – козья, серая, пятитычинковая, мирзинолистная и ивы пойменной экологии – трехтычинковая, корзиночная, шерстистопобеговая, белая.

8. В техногенных местообитаниях ивы преимущественно поселяются по глинисто-щебнистым и щебнисто-глинистым субстратам при мелкобугристом рельефе, что свидетельствует об их аэрофильности и мезофитности.

9. Видовой состав ивовых группировок в техногенных местообитаниях соответствует видовому составу близлежащих естественных ивняков, которые служат источником семенного материала при заселении беспокровных антропогенных субстратов.

10. Установлено, что на промышленных отвалах медно-колчеданных, железорудных месторождений, буровольных разработок поселение и произрастание видов ивовых происходит в первые 13–15 лет, а наиболее успешное – на 3–5 год после прекращения отсыпки отвальных пород. Это связано с подвижкой и просадкой грунтов, их частичным выветриванием в первые 2–4 года.

Вклад ивовых в лесообразовательный процесс в условиях техногенных ландшафтов выражается в их активном поселении на начальных этапах сингенеза, в создании микроклиматических условий для поселения и дальнейшего роста коренных лесообразующих видов древесных пород. Территориальная экспансия ивовых

на нарушенных землях происходит благодаря ежегодным и массовым плодоношениям в сочетании с высокими темпами ростовых процессов. Вопросы лесовосстановления на нарушенных землях целесообразно решать с использованием ивовых, что дает возможность приблизить технологию лесовосстановительных работ к процессу естественного формирования лесных массивов в условиях техногенеза с одновременным обеспечением быстрого возврата таких площадей в хозяйственное использование.

11. Возможность успешного поселения и произрастания ив на промышленных отвалах ограничивается физико-химическими условиями грунтов, несоответствием сроков диссеминации и увлажненности поверхности отвалов. В связи с этим встает вопрос о лесомелиоративной деятельности на нарушенных землях по выращиванию ив из черенков, прежде всего на склонах, подверженных водной и ветровой эрозии.

Глава 2

УСТОЙЧИВОСТЬ ИВ К ПРОМЫШЛЕННЫМ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ

В основе изучения проблемы устойчивости растений к промышленным загрязнителям лежит весьма распространенный и проверенный метод сравнения. При подборе сравниваемых объектов в условиях воздействия промышленных эмиссий отмечаются значительные трудности [Dominik, 1979]. В предыдущей главе были выявлены видовые различия в произрастании ив в различных лесорастительных условиях. Логично предположить, что ивы различаются по устойчивости к промышленным загрязнителям. В этой связи уместно заметить, что внутри рода *Pinus L.* обнаружена явно повышенная устойчивость против дыма у пинии и сосны горной по сравнению с сосной обыкновенной [Enderlein, Vogl, 1966].

Факторы загрязнения среды, и в частности засоления, требуют своего решения в рамках изучения экологии растений. Показано [Buschbom, 1973], что ивы, наряду с другими древесными растениями могут нормально расти и развиваться на засоленных почвах. В песчаных карьерах, заполненных минерализованной водой, произрастают ивы козья и корзиночная [Прокаев и др., 1979; Л.А.Соколова и др. [1956] отмечали, что к югу от лесной зоны в поймах рек, где нарастает сухость климата и засоленность грунта, развиты ивняки из ивы серой, корзиночной, пурпурной, трехтычинковой, ломкой, розмаринолистной. Ива трехтычинковая ближе других ив подходит к Каспийскому морю [Соколова и др., 1956].

Е.С.Мигунова [1978] показала, что ивы в своей массе слабосолевые-лавиносливые породы. Но при соответствующем режиме увлажнения, особенно вдоль водоемов, ивы могут устойчиво произрастать на слабозасоленных почвах. К таким видам относятся ивы белая, вавилонская, розмаринолистная и некоторые другие кустарниковые. К числу растений, хорошо развивающихся на солонцах всех типов, относятся ива серая и ива розмаринолистная [Красовский, 1960].

Отмечается формирование засоленных контуров в пределах техногенных местообитаний. Так, при "...утечке или в результате сброса сеноманских вод по пути их следования происходит засоление почв, выпадение растительности, а при повторяющихся выбро-

сах возникновение техногенных солончаков" [Лукьянец и др., 1976, с. 71–72; Мамаев, Шилова, 1976].

Добавим, что засоление может происходить также в результате выпадения осадков, содержащих преимущественно хлориды и сульфаты. В Англии, например, с каплями морской воды на 1 м² суши прибрежной зоны ежегодно осаждается 25–35 г соли [Детри, 1968].

Показано [Строгонов, 1962; Смирнов, 1972], что сульфат-ионы наименее токсичны из всех часто встречающихся в почве анионов. Сульфаты оказывают в основном осмотическое действие на растения, в то время как хлориды – токсическое. Б.П.Строгонов [1962] указывает, что солеустойчивость растений в большей мере зависит от соотношения ионов, чем от их общего содержания. Ива ломкая слабоустойчива к хлоридному засолению (до 0,049%) и среднеустойчива к сульфатному засолению (0,558%); тамарикс (*Tamarix L.*) выдерживает хлоридное засоление 0,305%, а сульфатное – 3,48% [Смирнов, 1972]. Было показано [Смирнов, 1972], что ива белая выдерживает хлоридное засоление при 0,026%, сульфатное – 0,72%, а ива каспийская – хлоридное засоление при 0,038% и сульфатное – 0,72%. А.А.Шахов [1956] как наиболее солеустойчивую отмечает иву розмаринолистную, при этом мужские растения главным образом растут на солончаковой почве и более солеустойчивы.

Основными загрязнителями атмосферы являются: HCl, F₂ и HF, NO_x (NO, NO₂, NO₃, N₂O₅), NH₃, CS₂, SO₂, SO₃, H₂S и кислоты [Молчанов, 1973]. На различные концентрации SO₂ в воздухе растения реагируют по-разному: при 260 мг/м³ – гибнут за несколько часов; при 5,2–26 мг/м³ – наблюдается острое повреждение, причем они гибнут лишь при продолжительном или часто повторяющемся воздействии; при 1,82–5,2 мг/м³ происходит отравление древесных пород; при 1,04–1,82 мг/м³ – повреждаются лишь чувствительные породы; при 0,26–0,56 мг/м³ древесные растения не реагируют или почти не реагируют [Молчанов, 1973].

Повреждаемость листьев SO₂ уменьшается по мере снижения интенсивности света от 40 тыс. лк до 4 тыс. лк [Харчистова; 1980]. Показано [Garsed, Rutter, 1980], что при фумигации низкими концентрациями SO₂ (0,1 ppm) в течение длительного времени (9–11 месяцев) распределение хвойных по относительной чувствительности почти целиком зависит от условий эксперимента и что

нет никакой связи между чувствительностью растений к острым воздействиям и хроническим воздействиям при низких концентрациях.

Е.Пельц с соавторами [Pelz, 1962; Pelz, Materna, 1964] считают, что причина неравной дымостойкости растений – различия в физиологических процессах. Под действием загрязнителей изменяется активность ферментов [Mejnartowicz, 1984; Беляева, Нестерова, 1985; Бессонова, Лыженко, 1986; Коршиков и др., 1995; Михеенко, 1989; Babuchkina, Guseva, 1992], изменяется пигментный состав листьев древесных растений [Сергейчик, 1984; Бессонова и др., 1985].

При действии промышленных загрязнителей у растений нарушается метаболизм [Krishnamurthy et al, 1986; Бабушкина и др., 1988; Игнатенко, Тарабрин и др., 1986; Сидорович, Гетко, 1992], в частности – углеводный обмен [Пягай и др., 1991], азотный обмен [Пягай и др., 1987; Сидорович и др.. 1987], фосфорный обмен [Сергейчик, 1984], обмен полисахаридов [Бессонова, Зверковский, 1989].

Как адаптивная реакция на действие загрязнителей рассматривается увеличение содержания в растениях фенолов и полифенолов [Козюкина, Тарасенко, 1983; Сидорович, Гетко, 1992].

Г.М.Илькун [1978] газоустойчивость растений ставит в прямую зависимость от емкости катионно-анионного обмена. Устойчивость к SO_2 связывается [Николаевский и др., 1971] с интенсивностью газообмена и скоростью поглощения и образования летальных концентраций загрязнителей в листьях. Одной из причин повреждения тканей при избыточном поступлении SO_2 в растения может быть окисление органической среды до сульфооксида и сульфона, что наблюдалось Б.П.Строгоновым и др. [1962] в условиях сульфатного засоления. Проникая через устьица в лист, SO_2 в мезофилле реагирует с H_2O с образованием H_2SO_3 , а затем H_2SO_4 [Smith, 1981; Данилова и др., 1982]. Типичными являются ионы SO_3^{2-} и SO_4^{2-} . Ионы SO_3^{2-} реагируют с кетонами и альдегидами с образованием α -гидроксилсульфонатов [Smith, 1981]. Свободные радикалы, образованные от SO_3^{2-} разрушают хлорофилл [Galen, 1977], реагируют с пиримидиновыми основаниями ДНК и РНК [Smith, 1981]. Добавим, что SO_3^{2-} реагируют с энзимами, связываясь с фосфатными и карбонатными группами или формируя ингибирующие компоненты [Wallance, Spedding, 1976]. Длительная фумигация SO_2 подавляет нитрификацию в почве [Labeda, Alexander, 1978], опре-

деляет нарушения аминокислотного метаболизма и ослабление фотосинтеза [Mudd, 1973; Mudd, Kozlowski, 1975].

Окислы азота, проникая через устьица в лист, на влажных поверхностях клеток мезофилла реагируют с водой; при этом образуются HNO_2 и HNO_3 [Smith, 1981]. С аминами нитрат-ионы образуют нитрозамины – кислоты, которые могут реагировать с ненасыщенными компонентами и формировать свободные радикалы [Taylor et al., 1975]. Токсичность NO_2 может быть результатом снижения pH [Zeewaart, 1976]. Отмечено, что длительная фумигация NO_2 тормозит процесс исчезновения аммония в почве [Labeda, Alexander, 1978]. Окислы азота, воздействуя на растение, ингибируют фиксацию CO_2 , вследствие чего подавляется рост [Mudd, 1973; Zeewaart, 1976]. Показано, что при кратковременном действии больших доз NO_x ухудшается эпидерма испытуемых растений [Десслер, 1981].

Свойства газов по отношению к растениям выражаются в следующем ряду токсичности: $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{SO}_2 > \text{NO}_x$ [Красинский, 1950; Крокер, 1950]. В.С.Николаевский [1979] отмечает высокую фитотоксичность таких газов, как двуокись серы, хлор, окись азота, сероводород, аммиак.

Как следствие загрязнения атмосферы получили распространение кислые осадки, представляющие собой растворы серной, азотной, угольной кислот [Likens, 1976; Tamm, 1976; Николаевский, 1979; Strand, 1980; Мандре, 1982]. Кислые осадки влияют на почвы, вызывают повреждения растений [Кондратюк и др., 1980; Алексеев, Дочинджер, 1982]. Н.П.Красинский [1950] упоминает в ряду устойчивых к парам соляной кислоты иву серую. В результате опытов в камере в парах HCl ($0,5\text{--}0,6 \text{ мг}/\text{м}^3$) и в парах H_2SO_4 ($5\text{--}8 \text{ мг}/\text{м}^3$) ива ползучая была определена как неустойчивая [Протопопова, 1980].

Слабо повреждаются листья ив при действии на них аммиака [Попов и др., 1980], оксидозона [Gilchrist, 1984], фтора [Чекой, Андон, 1984].

По сравнению с другими древесными ивы более устойчивы к SO_2 [Красинский, 1950; Левицкий, 1965; Дочинджер, 1982], F_2 [Jamrich, Tomanova, 1985; Jamrich et al., 1989].

Подчеркивается значительная устойчивость к поллютантам ивы козьей и ивы серой [Рябинин, 1965; Мамаев, 1969; Яценко, Николаевский, 1975; Дащкевич, 1982], а также ивы ломкой [Смирнов,

1980]. Отмечается как высокая [Рябинин, 1965; Куртева, 1982], так и средняя [Дашкевич, 1982] газоустойчивость у ивы белой.

В.Г.Антипов и И.И.Чекалинская [1966, с. 29] писали, что "иву белую... одни авторы относят к наиболее, другие, наоборот, – к наименее устойчивым видам". Вероятно, это связано с восприимчивостью растений, которая зависит от стадии их развития [Stratmann, 1963] и изменяется в течение дня [Десслер, 1981; Sulfur Oxides, 1978; Гудериан, 1979]. Указывается, что воздействие загрязнителей или их смеси на растения специфичны [Алексеев, 1982]. Сообщается [Smith, 1981], что результаты воздействия токсикантов зависят от: а) размера, формы, веса, поверхностно текстуры частиц; б) размера, формы, веса, поверхностно текстуры растений; в) микро- и ультрамикроскопических условий вокруг растения. Поллютанты подавляют пыльцевую продукцию (кроме того, тополи и ивы в условиях загазованности дают аллергическую пыльцу), цветение, плодоношение, прорастание семян, развитие сеянцев, ювенильное развитие [Smith, 1981]. Имеются сведения, что фитотоксичность H_2S намного меньше, чем SO_2 [Linson, 1978]. Подчеркивается, что результаты, полученные при изучении воздействия SO_2 на растения, нельзя переносить на другие поллютанты [Десслер, 1981].

Н.П.Красинский писал, что "...по систематическому признаку можно делать некоторые предсказания о степени газоустойчивости древесно-кустарниковых пород. Из рода ив газоустойчивы, очевидно, не только ивы ломкая и белая, но и другие виды" [Красинский, 1950, с. 102]. Это суждение находится в соответствии с методом интродукции растений родовыми комплексами Ф.Н.Русанова [1974].

Устойчивость ив к атмосферным загрязнителям весьма высокая [Кирклис, 1984; Кулагин, 1990;]. Как перспективные и сравнительно устойчивые к дымам и газам отмечаются тополево-ивовые фитоценозы [Добровольский, 1979].

Основная масса экскалаторов концентрируется в депрессиях рельефа [Берлянд, 1975; Ulrich, 1989], что, несомненно, отражается на состоянии растительного покрова. В таких крупных депрессиях рельефа, какими являются долины рек, основным компонентом древесной растительности выступают ивы. При изучении газоустойчивости уделялось внимание лишь отдельным видам ив (белая, козья) [Илькун, 1978; Николаевский, 1979] или анализировался

более широкий набор ив, но преимущественно по отношению к двуокиси серы [Антипов, 1979], поэтому проведение сравнительно-экологических исследований видов рода *Salix* следует признать целесообразным и необходимым.

При проведении оценки действия на растения загрязнителей рекомендуется листовая диагностика [Мамаев, 1969; Марценюк, 1980; Westman, 1989]; отмечено [Сарсенбаев, Беков, 1982], что визуальная оценка степени повреждения листьев совпадает со степенью изменения спектра и активности пероксидазы. Известно [Linson, 1969], что молодые, еще продолжающие рост листья редко обнаруживают некроз, что более старые – умеренно чувствительны и что наиболее чувствительны листья среднего возраста, недавно закончившие рост.

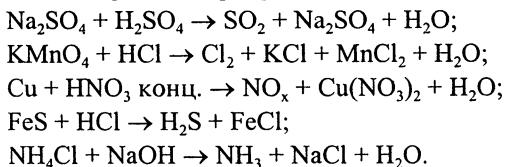
Для экспериментальной листовой диагностики устойчивости к загрязнителям использовался материал с 4-, 5-летних растений ив, произрастающих в Ботаническом саду (г. Уфа).

Солеустойчивость ив определялась по методу Б.П.Строгонова [1962], основанном на интенсивности разрушения хлорофилла в листьях с учетом других рекомендаций [Ostrowska et al, 1988]. Опыты проводились в июне, июле и августе. Листья помещались в 4%-ные водные растворы хлорида и сульфита натрия. Регистрация относительной площади некрозных пятен производились через 24, 48,72 и 96 ч интоксикации. Для предохранения листьев от завядания опыты проводили на рассеянном свету в лабораторном помещении.

Газоустойчивость растений – стабильный видовой признак, не зависящий или в слабой мере зависящий от концентрации газа и длительности фумигации [Dochinger, Jensen, 1975; Марценюк, 1980]. Как существенный недостаток фумигации в герметической камере отмечается резкое падение концентрации газа из-за поглощения его листьями [Попов и др., 1980]. В связи с этим нами использовался метод острых доз [Одум, 1975]. Концентрации загрязнителей подбирались с учетом рекомендаций Н.П.Красинского [1950], которые состоят в целесообразности применения таких концентраций, при которых устойчивые виды повреждаются незначительно, а неустойчивые виды повреждаются сильно.

Исследования сравнительной фитотоксичности газов по отношению к ивам проводились в лабораторных экспериментах. В опытах по фумигации в газовых камерах использовались однолет-

ние облистственные побеги, которые срезались с 4-, 5-летних растений [Spierings, 1967; Vogl, Bortitz, 1965; Острикова, 1987; Mathy, 1988]. Газы получали в чистом виде в полиэтиленовых мешках, которые служили газгольдерами, опираясь на следующие схемы химических реакций [Карякин, Ангелов, 1955]:



Затем шприцем из газгольдера производили отбор необходимого количества газа и вводили в газовую камеру. В качестве газовой камеры использовали стеклянный сосуд объемом 8 л, снабженный вентилятором для создания однородной газовой смеси. Облистственные побеги в газовой камере укреплялись на проволочных вешалах. Продолжительность фумигации при температуре 20-22°C и освещенности 350 лк (люксметр типа Ю16) равнялась 30 мин. После окончания обработки облистственные побеги помещались на 12 ч в эксикатор с водой для полного проявления некрозов. Критерий газоустойчивости – относительная площадь некрозных пятен на листовых пластинках [Красинский, 1950].

Считается [Smith, 1981], что газы проникают в клетку через водную fazу. Добавим, что распространены, а особенно в скандинавских странах, "кислотные дожди" [Strand, 1980]. В связи с этим нам представляется целесообразным проведение оценки сравнительной устойчивости ив к действию растворов кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) и щелочи (NaOH). Облистственные побеги ив не срезались, а обрабатывались в кроне растений водными растворами кислот и щелочей 2-, 4- и 6%-ной концентрации. Обработка производилась во второй половине дня в ясную погоду путем погружения побегов в стаканы с соответствующими растворами на 30 с. Регистрация относительной площади некрозных пятен на листьях проводилась через 12 ч.

В эксперименте имеется возможность искусственно изменять условия и контролировать действие токсического соединения, что в конечном счете возможность получения сопоставимых результатов. Основное внимание нами удалено сравнительной оценке видов, форм и полов, что позволяет выявить высокоустойчивые

ивы, которые способны выдерживать более неблагоприятные внешние условия. Взятый набор загрязнителей имитирует реальные ситуации воздействия на облиственные кроны деревьев и кустарников водных растворов кислот, солей, газообразных соединений (двуокись серы, окись азота, хлор и др.). Воздействие этих поллютантов отмечается близ предприятий, вырабатывающих фосфорные и азотные удобрения, соду и хлорорганические соединения, разнообразные синтетические вещества, близ предприятий металлургии и энергетики. Нами не ставилась задача изучения совместного действия выше перечисленных токсикантов с выяснением интересных и перспективных вопросов синергизма и антагонизма [Гудериан, 1979]. На примере крайне слабо изученных ив вначале необходимо раскрыть картину устойчивости их к отдельным загрязнителям, дифференцируя различия между видами, формами и растениями мужского и женского пола.

При выборе видов ив для экспериментального изучения эколого-биологических особенностей руководствовались их хозяйственной ценностью, габитусом и широтой распространения. Подбор видов ив производился с учетом систематического положения в пределах рода. Этот подход позволяет выявить степень эколого-биологической однородности секций, выделяемых по сходной морфологии [Скворцов, 1968], и показать специфичность видов ив в пределах одной секции. Целесообразность изучения растений родовыми комплексами подчеркивалась неоднократно [Enderlein, Vogl, 1966; Русанов, 1974].

Проведение сравнительно-экологических исследований связано с известными трудностями в подборе объектов исследований, сопоставлении полученных данных, экстраполяции полученных результатов [Dominik, 1979; Кулагин, 1980, 1985].

Первая пара видов: ива корзиночная (*S. viminalis* L.) и ива шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.) из секции *Vimen*. Эти виды морфологически и экологически наиболее близки и успешно произрастают в поймах рек.

Вторая пара видов: ива козья (*Salix caprea* L.) и ива серая (*S. cinerea* L.) из секции *Vetrix*. Первый вид – лесное мезофитное дерево, которое избегает частых и длительных затоплений и практически не произрастает в поймах, но изредка встречается на торфяно-болотных почвах. Ива серая – лесоболотный кустарник, спо-

собный выдержать режим притеррасной зоны пойм больших рек [Марков, Фирсов, 1955].

Третья пара объектов исследования – форма одноцветная (*forma concolor*) и форма двуцветная (*f. discolor*) ивы трехтычинковой (*S. triandra* L.) (секция *Amygdalinae*). Отличаются они не только наличием у формы двуцветной воскового налета на нижней стороне листьев, но также и экологическими особенностями [Левицкий, 1965].

И наконец, четвертая пара объектов представлена видами ив разных секций: ива белая (*S. alba* L.) – секции *Salix* и ива остролистная (*S. acutifolia* Willd.) – секция *Daphnella*. Ива белая – это дерево, которое поселяется на речном аллювии супесчано-суглинистого механического состава и выходит в режим высокой поймы, в то время как ива остролистная произрастает на мощных песчано-супесчаных отложениях прирусовой зоны больших рек (р. Волга, Кама). Ива остролистная успешно произрастает в посадках вне поймы на сыпучих песках и рекомендуется для шелюгования [Морозов, 1950].

Попарное сравнение отмеченных видов и форм ив дает возможность определить их устойчивость к экстремальным факторам на основе совокупности морфологических признаков в связи с принадлежностью к секции или виду и дает фактический материал для использования отдельных наиболее перспективных видов в фитомелиорации техногенных ландшафтов.

Исследование закономерностей произрастания в естественных и техногенных условиях позволяет оценить отдельные виды в плане их использования при лесовосстановлении. Проведение экспериментальных исследований устойчивости ив к загрязнителям дает возможность:

во-первых, установить различия в устойчивости к загрязнителям между видами, относящимися к одной секции;

во-вторых, охарактеризовать фитотоксичность загрязнителей по отношению к различным видам ив;

в-третьих, выявить формовые и половые различия ив.

Сопоставление взятых пар видов позволяет количественно оценить сходство или различие между ними и тем самым выяснить характер влияния принадлежности к той или иной секции на устойчивость. Это позволяет установить зависимость экологобиологических свойств исследуемых видов от их морфологического

сходства и филогенетического родства. Соответствующих сведений по экологической дифференциации видов рода ива в научной литературе практически нет, а определяя их устойчивость к различным загрязнителям, мы получаем возможность выявить высоко- и низкоустойчивые виды, что важно в практическом отношении.

2.1. Сравнительная характеристика устойчивости видов секции *Vimen* (на примере ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой)

Ива корзиночная и ива шерстистопобеговая – это поймофильные виды, которые имеют сходную морфологию листьев и относятся к одной секции. Ива корзиночная представлена кустарниковой (редко древовидной) формой роста, и ареал ее больше по сравнению с ареалом ивы шерстистопобеговой, имеющей жизненную форму многоствольного дерева. Ива корзиночная заходит по поймам в зоны полупустыни (низовья р. Волги) и тундры (низовья р. Лены) [Скворцов, 1968]. Эти ивы широко распространены как в естественных, так и в антропогенных условиях [Терехова и др., 1974; Баранник и др., 1984; Шилова, 1977]. В.В. Тарчевский [1964] отмечает высокую газо- и дымоустойчивость ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой. Однако сравнительная оценка этих двух видов ив, особенно по отношению к различным фитотоксичным соединениям, до сих пор не проведена

Токсическое действие хлорида натрия (рис. 3) в большой степени сказывается на изолированных листьях ивы шерстистопобеговой, чем на листьях ивы корзиночной. Особенно эти различия проявляются в июне и июле. В августе реакция на интоксикацию хлоридом натрия у этих видов практически одинаковая.

Наиболее устойчивой к хлориду натрия ива корзиночная оказалась в июне. В июле и августе при увеличении пребывания листьев в растворе хлорида натрия повреждаемость последних резко возрастает. Листья ивы шерстистопобеговой в июне, июле и августе повреждаются сходным образом.

Различия в повреждаемости листьев с мужских и женских растений наблюдается лишь у ивы корзиночной в июльских экспериментах, где листья с женских растений были более устойчивыми к хлориду натрия. Достоверных различий между полами у ивы шер-

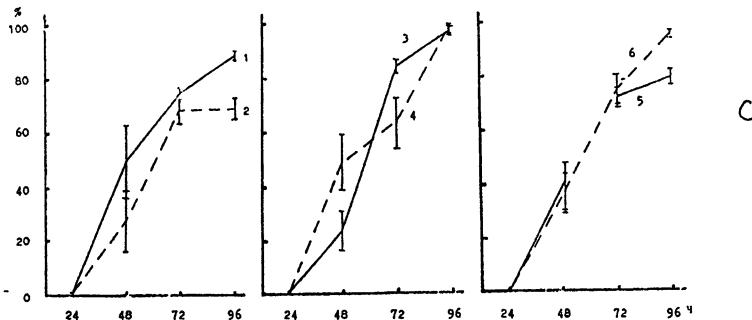
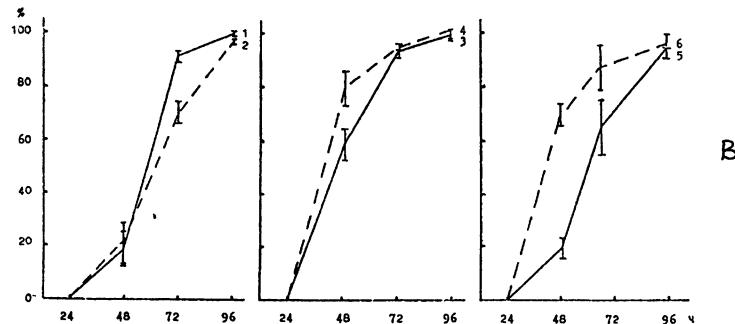
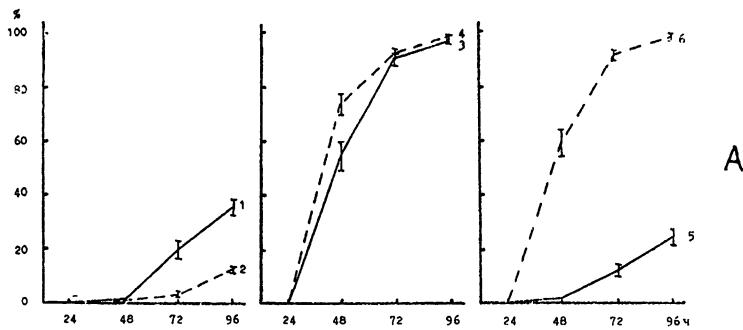


Рис.3. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы корзиночной (1,2,5) и ивы шерстистопобеговой (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором NaCl в июне (А), июле (В) и августе (С)

стистопобеговой выявить не удалось, хотя листья с мужских растений повреждались несколько меньше.

Сульфит натрия при экспозиции до 96 ч (рис. 4) в июне и августе вызывает до 98% некрозов площади листьев ивы шерстистопобеговой. Ива корзиночная в июне и августе была более солеустойчивой. В июле наблюдается обратная картина: более устойчива к сульфиту натрия ива шерстистопобеговая.

Различий в повреждении сульфитом натрия с мужских и женских растений ивы корзиночной и шерстистопобеговой не наблюдается.

Повышенной солеустойчивостью как к хлориду, так и к сульфиту натрия отличается ива корзиночная.

Фумигация окисью азота (табл. 10) в меньшей степени оказывается на листьях ивы корзиночной, в то время как листья ивы шерстистопобеговой повреждаются сильнее. Листья с женских растений ивы корзиночной более устойчивы к окиси азота. Различия в повреждении листьев мужского и женского пола ивы шерстистопобеговой не наблюдается.

Таблица 10

Газоустойчивость ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой (экспозиция в газовой камере 30 мин)

Загрязнители	Концентрация		Гибель листовой поверхности, %					
	мг/м ³	ppm	ива корзиночная			ива шерстистопобеговая		
			мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
NO _x	.83,7	67	0	0	0	37,2±7,1	17,1±6,2	
	167,4	113,9	0	0	0	60,8±10,5	2,5±2,5	31,7±10,2
	310	248	95,0±0	50,0±3,3	72,5±5,7	92,9±1,4	99,0±0,5	95,9±1,0
	500	400	95,4±0,3	76,7±3,0	86,1±2,7	99,7±0,3	100	99,8±0,2
	670	536	100	92,2±2,1	96,1±1,4	100	100	100
	280	105,3	76,7±4,9	0	38,3±11,8	11,7±1,7	0	5,8±1,9
SO ₂	710	266,9	90,6±3,1	43,3±4,7	66,9±6,3	70,0±3,7	98,9±0,7	84,4±4,0
	1070	402	100	61,7±4,9	80,8±5,2	100	99,4±0,6	99,7±0,3
	1430	537,6	100	57,8±5,7	78,9±5,8	100	100	100
	820	313	19,4±3,5	4,4±0,6	11,9±2,5	12,8±1,5	13,3±1,7	33,9±3,7
Cl ₂	1220	465,6	67,8±3,6	31,1±3,7	49,4±5,1	43,1±7,6	63,9±7,5	53,9±9,9
	1630	622	80,0±3,2	37,8±2,9	58,9±5,5	73,3±3,6	94,4±1,3	93,3±2,4
	200	141,8	0	0	0	0	30,0±2,4	15,0±3,8
H ₂ S	400	287,7	0	0	0	23,3±4,1	35,6±4,4	29,4±3,3
	600	425,5	0	0	0	55,6±4,8	61,1±2,6	58,3±2,7
	190	267,6	0	0	0	0,7±0,4	2,2±0,6	1,4±0,4
NH ₃	380	535,2	11,1±4,5	23,9±6,3	16,4±4,1	1,3±0,5	2,6±0,5	1,9±0,4
	570	802,8	80,0±3,5	14,4±1,0	47,2±8,2	13,3±2,9	3,1±0,5	8,2±1,9

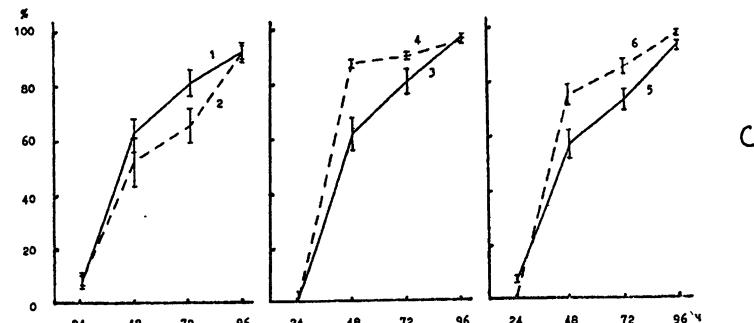
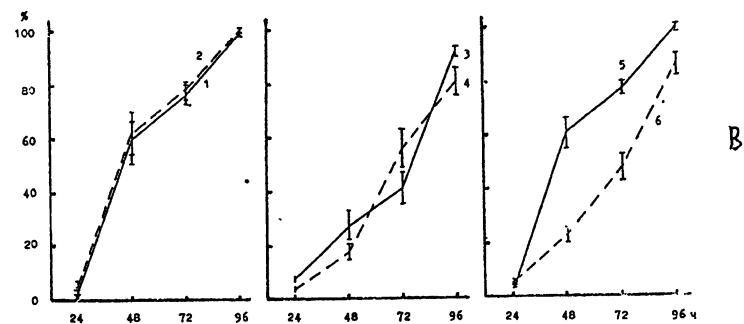
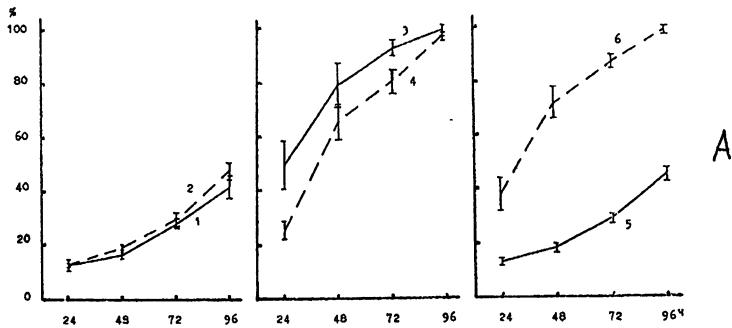


Рис.4. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы корзиночной (1,2,5) и ивы шерстистопобеговой (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором Na_2SO_3 в июне (А), июле (Б) и августе (С)

При обработке облиственных побегов ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой двуокисью серы (см. табл. 10) листья последней повреждались в большей степени. Различий в устойчивости к действию двуокиси серы листьев мужского и женского пола ивы шерстистопобеговой установить не удалось. В то же время листья женских растений ивы корзиночной повреждались меньше, чем листья с мужских растений.

Хлор (см. табл. 10) менее токсичен для ивы корзиночной по сравнению с ивой шерстистопобеговой. Фумигация хлором позволила выявить различия в устойчивости листьев разного пола. Оказалось, что листья женского пола ивы корзиночной более устойчивы к хлориду, в то время как у ивы шерстистопобеговой более устойчивы были листья с мужских растений.

При обработке листьев ивы корзиночной сероводородом видимых повреждений обнаружить не удалось. Из табл. 10 следует, что сероводород вызывает некрозы листовой поверхности ивы шерстистопобеговой, при этом листья растений мужского пола более устойчивы к сероводороду.

Установлено, что ива шерстистопобеговая повреждается аммиаком меньше, чем ива корзиночная. Площадь некрозов листьев женского пола ивы корзиночной меньше повреждений листьев мужского пола. У ивы шерстистопобеговой различия в устойчивости к аммиаку листьев с растений разного пола незначительны. Добавим, что ива шерстистопобеговая меньше других видов ив повреждается аммиаком (см. табл. 10).

Проведенные эксперименты по изучению газоустойчивости ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой позволяют отметить как наиболее токсичные газы окись азота и двуокись серы, а в качестве относительно "безвредных" – аммиак и сероводород. Причем устойчивость к фумигации аммиаком показала ива шерстистопобеговая, а к сероводороду – ива корзиночная. Женские растения ивы корзиночной, согласно результатам опытов с листьями более устойчивы к действию двуокиси серы, окиси азота, хлора и аммиака.

Обработка листьев растворами кислот является имитацией кислых атмосферных осадков [Strand, 1980]. Растворы серной кислоты (табл. 11) больше повреждают листья ивы шерстистопобеговой в сравнении с ивой корзиночной. Достоверных различий в устойчивости к серной кислоте между растениями мужского и жен-

ского пола ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой выявить не удалось.

Таблица 11

Сравнительная устойчивость ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой к действию растворов токсикантов

Токси-кант	Концен-трация раствора, %	Гибель листовой поверхности, %					
		ива корзиночная			ива шерстистопобеговая		
		мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
H_2SO_4	2	33,9±4,7	32,2±4,3	33,1±3,1	73,9±7,0	86,7±3,9	80,3±3,8
	4	32,8±3,5	85,6±4,3	59,2±6,9	97,2±0,9	97,8±0,9	97,5±0,6
	6	93,3±2,2	85,0±4,3	89,2±2,5	98,3±0,8	98,3±0,8	98,3±0,6
HNO_3	2	27,2±2,5	7,2±1,2	17,2±2,8	42,2±4,9	36,1±8,9	39,2±5,0
	4	73,3±2,4	21,7±5,4	47,5±6,9	88,3±2,7	38,9±4,2	63,3±6,5
	6	82,2±5,8	67,8±7,8	75,0±5,1	95,0±0,8	88,3±1,2	91,7±1,1
HCl	2	0,7±0,4	4,3±0,3	2,5±0,5	13,9±4,3	13,9±2,5	13,9±2,4
	4	4,1±0,4	8,3±1,7	6,2±1,0	44,4±4,4	43,3±4,4	43,9±3,5
	6	23,9±3,9	11,1±2,0	17,5±2,6	61,1±6,1	58,3±12,1	59,7±6,6
NaOH	2	4,6±0,3	3,4±0,3	4,0±0,2	12,2±2,2	10,0±1,4	11,1±1,3
	4	20,6±1,9	10,0±0	15,3±1,6	51,1±2,0	46,7±4,7	48,9±2,5
	6	52,2±2,8	25,0±4,3	38,6±4,1	86,7±2,4	66,7±10,1	76,7±5,6

Ива корзиночная и ива шерстистопобеговая по-разному реагируют на обработку растворами азотной кислоты (см. табл. 11). Листья ивы корзиночной азотной кислотой повреждаются в меньшей степени. Что же касается различий в устойчивости растений разных пола, то листья с женских растений ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой оказались несколько более устойчивы к действию растворов азотной кислоты.

При регистрации некрозов листьев после обработки соляной кислотой (см. табл. 11) было установлено, что ива корзиночная повреждается меньше, чем ива шерстистопобеговая. Листья с растений мужского и женского пола ивы корзиночной повреждаются сходным образом; то же касается и повреждаемости листьев разного пола ивы шерстистопобеговой.

Обработка растворами едкого натра (см. табл. 11) показала, что ожоги листьев ивы корзиночной значительно меньше, чем ожоги ивы шерстистопобеговой. Различия проявляются при воздействии всех трех концентраций едкого натра. Листья растений женского пола ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой более устойчивы к действию едкого натра.

Ива корзиночная и ива шерстистопобеговая растворами соляной кислоты повреждаются меньше, чем азотной и серной кислотами. Особенно устойчива к обработке соляной кислотой ива корзиночная.

2.2. Сравнительная характеристика устойчивости видов секции *Vetrix* (на примере ивы серой и ивы козьей)

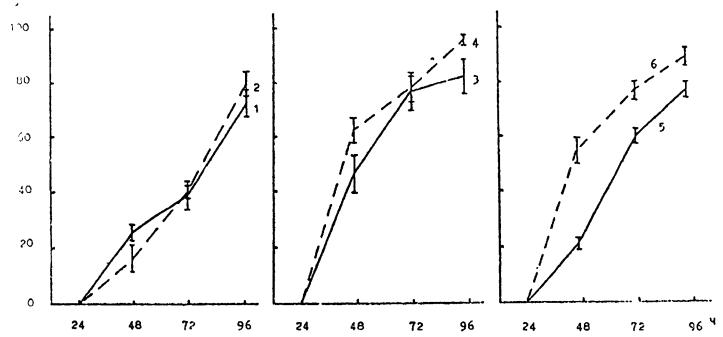
Отмечается повышенная солеустойчивость ивы серой [Красовский, 1960; Мигунова, 1978]. В. В. Тарчевский [1970], М. В. Хамидуллина [1970] и другие указывают на участие ивы козьей в естественном возобновлении древесных на различных отвалах горно-промышленного Урала. Наши исследования также подтверждают значительное участие ив козьей и серой в сложении пионерных группировок древесной растительности в техногенных экотопах. Однако следует провести сравнительную оценку этих видов для экологически корректного использования их в защитных насаждениях.

Результаты опытов по изучению устойчивости ивы серой и ивы козьей к действию хлорида натрия представлены на рис. 5. Ива серая более устойчива к хлориду натрия по сравнению с ивой козьей. Особенно ярко это проявляется в июне. Ивы серая и козья к августу становятся более устойчивыми к хлориду натрия. Отмечается повышенная устойчивость к хлориду натрия и листьев мужских растений ивы серой в июле и ивы козьей в августе.

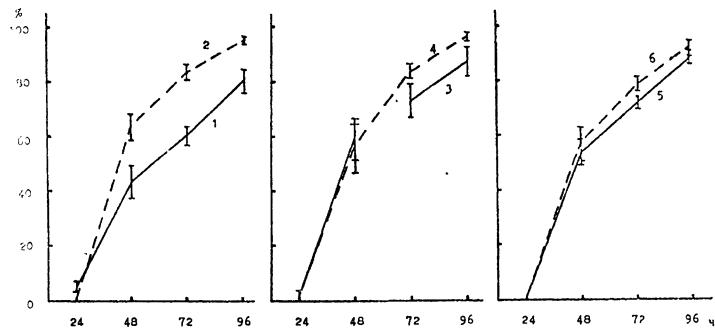
По отношению к действию растворов сульфита натрия ива козья в сравнении с ивой серой характеризуется большей устойчивостью в июне, июле и августе (рис. 6). Различия в устойчивости листьев разного пола у ивы серой отмечены в июне, а у ивы козьей – в августе. При этом у ивы серой более солеустойчивыми оказались листья с женских растений, а ивы козьей – с мужских.

В течение вегетационного периода ива серая демонстрирует различную устойчивость к сульфиту натрия. В июле и августе она более чувствительна к сульфиту натрия. То же самое следует отметить для ивы козьей в августовских экспериментах.

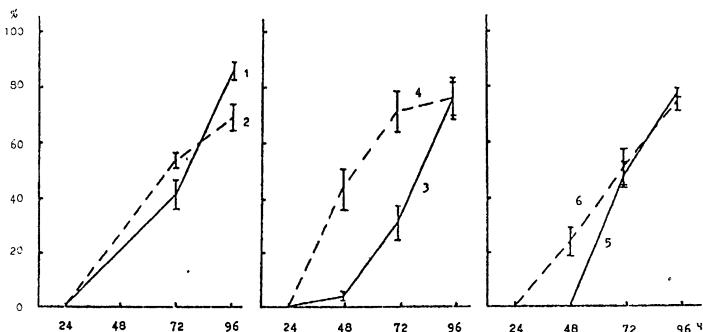
Окись азота (табл. 12) чрезвычайно сильно повреждает иву серую и иву козью. Не наблюдается в этом случае и разницы в повреждении окисью азота листьев с мужских и женских растений.



A



B



C

Рис.5. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы серой (1,2,5) и ивы козьей (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором NaCl в июне (А), июле (Б) и августе (С)

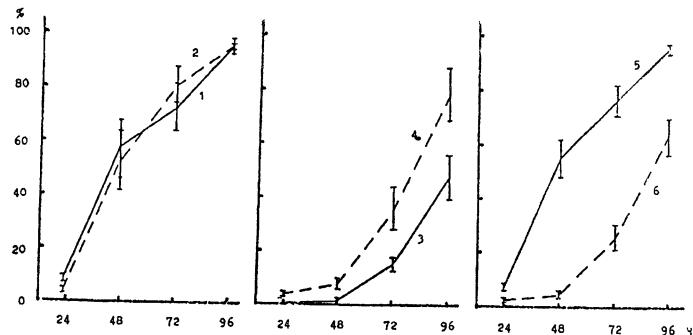
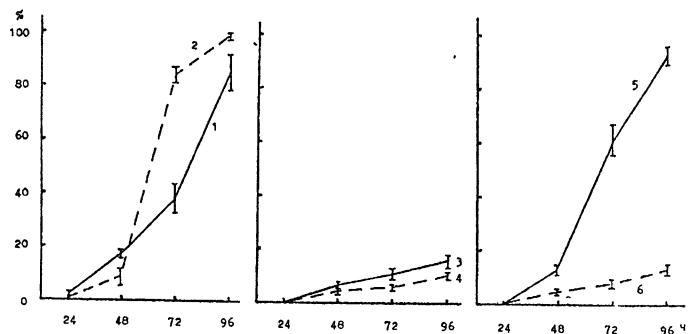
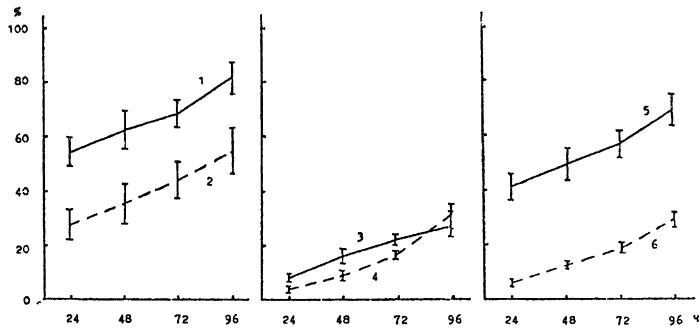


Рис.6. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы серой (1,2,5) и ивы козьей (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором Na_2SO_3 в июне (А), июле (Б) и августе (С)

Двуокись серы повреждает иву козью в меньшей степени, чем иву серую (см. табл. 12). Различий в устойчивости листьев с мужских и женских растений ивы серой нет; в то же время листья растений женского пола ивы козьей повреждаются двуокисью серы меньше, чем мужские.

Действие хлора (см. табл. 12) выражается в более сильном повреждении ивы серой по сравнению с ивой козьей, листья с мужских растений ивы серой повреждаются больше, чем листья с женских растений. Различий в устойчивости листьев мужского и женского пола ивы козьей нет.

Из табл. 12 следует, что при фумигации сероводородом листья ивы козьей повреждаются в среднем в два раза меньше, чем листья ивы серой. Листья растений мужского пола ивы серой более устойчивы к сероводороду, чем листья женского пола. У ивы козьей различий в повреждаемости листьев растений мужского и женского пола нет.

Ива козья незначительно повреждается аммиаком (см. табл. 12), в то время как ива серая повреждается очень сильно. Имеются различия в повреждаемости листьев с растений разного пола. Так, у ивы серой более устойчивыми были листья с женских растений, у ивы козьей – с мужских.

Таблица 12

Газоустойчивость ивы серой и ивы козьей (экспозиция в газовой камере 30 мин)

Загрязнители	Концентрация		Гибель листовой пластинки, %					
	мг/м ³	ррм	ива серая			ива козья		
NO _x			мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
310	248	100	100	100	95,3±1,1	98,2±0,7	96,8±0,7	
500	400	100	100	100	99,3±0,4	99,7±0,2		
SO ₂	670	536	100	100	100	98,7±0,6	99,4±0,6	
	710	266,9	100	98,3±0,8	99,2±0,8	100	71,1±7,1	85,6±4,9
	1070	402	100	99,4±0,6	99,7±0,3	100	86,7±5,8	93,3±3,3
Cl ₂	1430	537,6	100	99,4±0,6	99,7±0,3	100	95,0±2,8	97,5±1,5
	820	313	100	20,0±2,4	60,0±9,8	31,7±10,6	43,3±2,4	37,5±5,5
	1220	465,6	100	32,2±2,5	66,1±8,3	43,9±7,9	58,9±8,3	51,4±5,9
H ₂ S	1630	622	100	100	100	80,0±2,9	34,4±3,5	57,2±6,0
	200	141,8	0	5,6±1,8	2,8±5,0	0	0	0
	400	283,7	0,7±0,4	6,7±1,7	3,7±1,1	0	0,7±0,4	0,3±0,2
NH ₃	600	425,5	2,2±1,5	10,6±0,6	6,4±1,3	3,±1,4	1,8±0,7	2,6±0,8
	190	267,6	0	4,1±0,4	2,1±0,5	0	0	0
	380	535,2	97,8±0,8	15,0±4,8	56,4±10,3	7,2±3,1	1,0±0,5	4,1±1,7
	570	802,8	98,9±0,7	86,7±1,7	92,8±1,7	25,6±9,7	3,1±1,4	14,3±5,4

Наиболее токсичным газом для ивы серой и ивы козьей оказалась окись азота; двуокись серы, хлор и аммиак повреждали листья этих ив в меньшей степени. Небольшие площади некрозов на листовых пластинках вызывает сероводород. Ива козья по сравнению с ивой серой является более газоустойчивой. Особенno отличается ива козья устойчивостью к сероводороду и аммиаку.

Ива козья повреждается растворами серной кислоты (табл. 13) меньше, чем ива серая. У ивы серой не отмечено различий в устойчивости к серной кислоте в связи с полом растений. Однако у ивы козьей листья с растений мужского пола были более устойчивы к серной кислоте, чем листья с растений женского пола.

Таблица 13

Сравнительная устойчивость ивы серой и ивы козьей к действию растворов токсикантов

Токси-кант	Концентрация раствора, %	Гибель листовой поверхности					
		ива серая			ива козья		
		мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
H_2SO_4	2	92,9±3,2	88,9±4,0	91,4±2,6	17,2±2,7	27,8±2,2	22,5±2,1
	4	99,4±0,6	100	99,7±0,3	55,0±9,8	72,8±5,7	63,9±5,9
	6	100	100	100	65,0±5,3	82,2±2,8	73,6±3,6
HNO_3	2	4,4±0,8	9,6±1,0	7,0±1,0	16,1±3,1	9,4±1,1	12,5±1,8
	4	12,2±1,2	34,4±5,3	23,3±3,8	32,8±5,2	37,2±6,0	35,0±3,9
	6	26,7±4,6	62,8±6,4	44,7±5,9	57,8±6,2	45,6±4,1	51,7±3,9
HCl	2	2,0±0,5	3,4±0,7	2,7±0,5	2,1±0,7	2,2±0,6	2,2±0,5
	4	6,7±1,2	11,1±2,0	8,9±1,3	5,4±0,9	4,3±0,3	4,9±0,5
	6	16,1±6,9	28,9±10,3	22,5±6,2	9,8±1,8	16,7±3,3	13,2±2,0
NaOH	2	1,0±0	10,0±1,4	5,5±1,3	3,7±0,3	3,0±0	3,3±0,2
	4	9,4±1,3	18,9±4,2	14,2±2,4	13,9±1,8	5,9±0,8	9,9±1,4
	6	31,1±3,5	31,1±3,9	31,1±2,5	18,3±2,8	18,9±2,9	18,6±1,9

Растворы азотной кислоты (см. табл. 13) по-разному действуют на иву серую и иву козью. Листья ивы серой повреждаются меньше. Листья мужских растений ивы серой более устойчивы к азотной кислоте, чем листья женских растений, реакции мужских и женских растений ивы козьей к азотной кислоте установить не удалось.

Несколько большую устойчивость к соляной кислоте по сравнению с ивой серой показала ива козья (см. табл. 13). При этом различий в повреждаемости листьев с растений мужского и жен-

ского пола ивы козьей установить не удалось. Соляной кислотой больше повреждаются листья растений женского пола, чем мужского ивы серой.

Обработка растворами едкого натра (см. табл. 13) в меньшей степени сказывается на листьях ивы козьей в сравнении с ивой серой. У ивы козьей различий в устойчивости листьев мужского и женского пола к едкому натру не отмечено. Ива серая повреждается этим токсикантом в большей степени, но в то же время листья мужского пола были более устойчивы, чем листья женского пола.

Ива серая и ива козья больше повреждаются при обработке растворами серной и азотной кислот, а менее всего – соляной кислотой.

2.3. Сравнительная устойчивость двух форм ивы трехтычинковой

Ива трехтычинковая имеет один из самых широких географических ареалов среди видов рода *Salix* [Скворцов, 1968]. Она проявляет свойства газоустойчивого [Илюшин, 1953; Антипов, 1979] и фитомелиоративного, способного к заселению техногенных субстратов вида [Тарчевский, 1970; Лукьянец, 1974]. У ивы трехтычинковой выделены [Скворцов, 1968] две формы: одноцветная (ФО) и двухцветная (ФД). Ранее эти формы трактовались как виды: ФО – *S. triandra* L.; ФД – *S. amygdalina* L., или как разновидности: var. *viridis* Spenn., var. *glaucophylla* Ser., соответственно [Маевский, 1954].

В немногочисленных работах по экологии данного вида отмечаются различия между ФО и ФД; в частности, подчеркнута повышенная засухоустойчивость и солевыносливость ФД [Левицкий, 1965].

Изолированные листья ФО и ФД ивы трехтычинковой при воздействии раствором хлорида натрия показали различную устойчивость (рис. 7). В июне и июле листья ФД продемонстрировали большую устойчивость к хлориду натрия, но в августе эти различия сгладились.

Из рис. 7 следует, что в июне и августе листья с мужских растений ФО повреждаются хлоридом натрия меньше, чем листья с женских растений. У ФД можно отметить лишь некоторую устойчивость листьев с мужских растений (см. рис. 7).

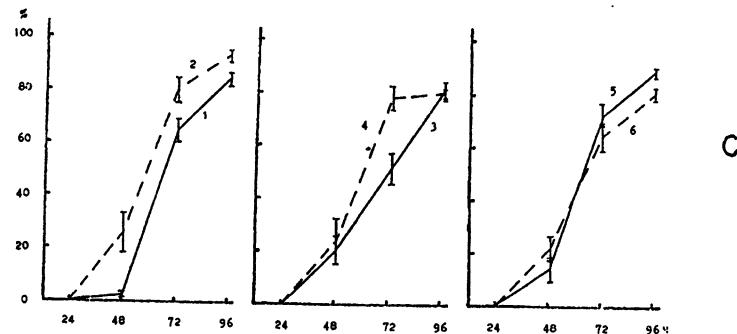
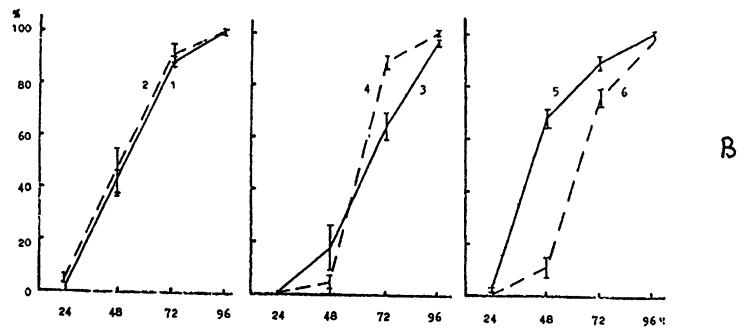
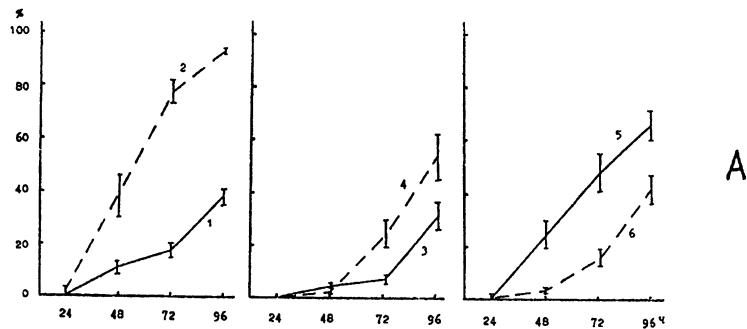


Рис.7. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола формы одноцветной (1,2,5) и формы двуцветной (3,4,6) ивы трехтычинковой при воздействии (ч) 4%-ным раствором NaCl в июне (А), июле (Б) и августе (С)

Ива трехтычинковая наиболее устойчива к действию хлорида натрия в июне.

Анализ результатов воздействия раствора сульфита натрия на изолированные листья (рис. 8) показывает, что ФД является более устойчивой в сравнении с ФО. В то же время различия внутри форм между листьями с мужских и женских растений установить не удалось.

К сульфиту натрия ива трехтычинковая проявляет сходную устойчивость в течение всего вегетационного периода.

Существует представление о том, что растения солеустойчивые и засухоустойчивые являются и газоустойчивыми [Илькун, 1971].

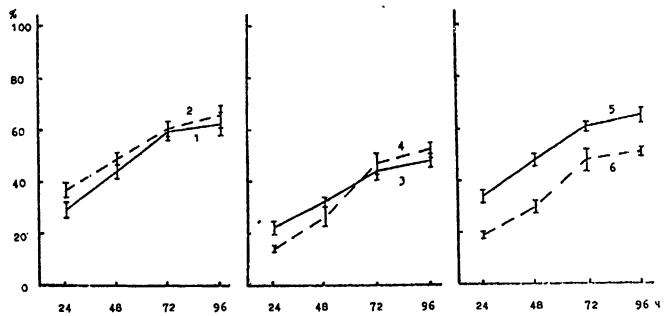
Из двух форм ивы трехтычинковой ФД более устойчива к действию окиси азота (табл. 14). Наиболее устойчивыми оказались листья с женских растений ФД; у ФО более устойчивыми были листья с мужских растений.

По устойчивости к двуокиси серы формы ивы трехтычинковой также различаются: ФД более устойчивая по сравнению с ФО (см. табл. 14). Листья с женских растений характеризуются большей устойчивостью к двуокиси серы; особенно велики различия в устойчивости между мужским и женским полом у ФД.

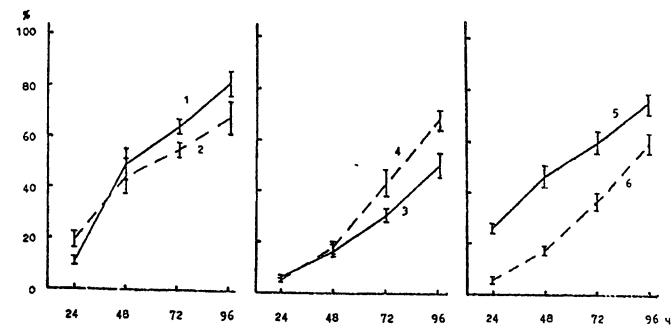
Опыты по газации облиственных побегов хлором (см. табл. 14) показали, что ФД более устойчивая, чем ФО. Различий в повреждаемости листьев с мужских и женских растений ФО не обнаружено. Однако растения женского пола ФД были более устойчивыми к воздействию хлором в сравнении с мужскими (различия сохраняются при применении различных концентраций хлора).

Сероводород слабо повреждает листья ивы трехтычинковой (см. табл. 14). ФД более устойчива к фумигации сероводородом. Различий в устойчивости листьев с мужских и женских растений ФО и ФД установить не удалось.

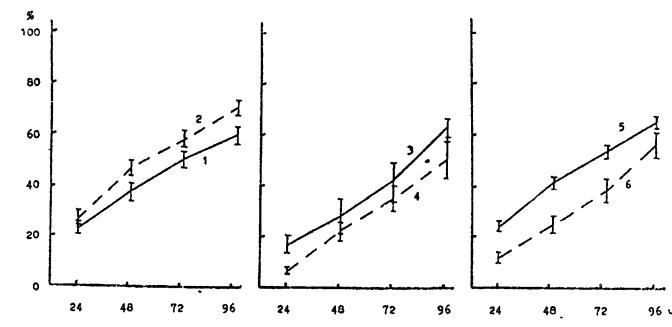
ФД ивы трехтычинковой более устойчива к аммиаку по сравнению с ФО. Отмечается некоторая устойчивость к аммиаку листьев растений мужского пола ФО и ФД ивы трехтычинковой (см. табл. 14).



A



B



C

Рис.8. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола формы однокветной (1,2,5) и формы двуцветной (3,4,6) ивы трехтычинковой при воздействии (ч) 4%-ным раствором Na_2SO_3 в июне (А), июле (В) и августе (С)

Таблица 14

Газоустойчивость ф. одноцветной и ф. двуцветной ивы трехтычинковой
(экспозиция в газовой камере 30мин)

Загрязнители	Концентрация		Гибель листовой пластинки, %					
	мг/м ³	ррм	форма одноцветная			форма двуцветная		
			мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
NO _x	83,7	67	1,5±0,7	0	0,8±0,4	0,8±0,4	0	0
	167,4	133,9	0	17,3±5,8	8,7±3,8	30,0±3,9	0	15,0±4,9
	310	248	90,4±1,9	100	95,2±1,5	55,6±2,9	46,7±3,7	51,1±2,5
	500	400	90,0±0,5	100	99,5±0,3	77,9±6,2	54,4±3,7	66,1±4,6
	670	536	99,3±0,4	100	99,7±0,2	88,8±4,6	68,9±2,6	78,8±3,5
	280	105,3	0	0	0	0	0	0
SO ₂	360	135,3	89,2±1,5	0	44,6±13,	83,3±4,0	0	41,7±12,
	710	266,9	83,3±4,3	83,3±6,0	83,3±3,6	46,1±10,	9,4±1,3	27,8±6,7
	1070	402	99,4±0,6	84,4±5,1	91,9±3,1	65,0±7,4	10,0±1,2	37,5±7,6
	1430	537,6	100	93,3±2,5	96,7±1,5	93,2±2,5	12,2±10,	53,1±10,
Cl ₂	820	313	29,4±2,8	33,9±6,4	31,7±3,5	19,4±2,8	2,7±0,3	11,1±2,5
	1220	465,6	44,4±6,5	60,6±7,7	52,5±5,2	21,1±2,7	9,4±1,3	15,3±2,0
	1630	622	78,9±4,5	28,3±2,6	53,6±6,6	61,1±6,8	12,2±1,2	36,6±6,8
H ₂ S	200	141,8	0	0	0	0	0	0
	400	283,7	1,3±0,5	0,7±0,4	1,0±0,3	0,7±0,4	0	0,3±0,2
	600	425,5	3,0±0	3,2±1,1	3,1±0,5	1,8±0,7	1,3±0,5	1,6±0,4
NH ₃	190	267,6	0,7±0,4	15,0±3,2	7,8±2,4	0,7±0,4	0,7±0,4	0,7±0,3
	380	535,2	7,2±0,9	41,1±6,7	24,2±5,3	1,0±0,5	4,1±0,5	2,6±0,5
	570	802,8	46,7±7,4	60,6±7,5	53,6±5,4	9,4±1,9	32,8±9,8	21,1±5,6

По степени повреждений листовых пластинок ивы трехтычинковой исследованные газы можно расположить в следующий ряд фитотоксичности: NO_x > SO₂ > Cl₂ > NH₃ > H₂S.

По устойчивости к воздействию растворов серной кислоты на листья (табл. 15) выделяется ФД ивы трехтычинковой. Различий в повреждениях между листьями с растений мужского и женского пола ФО выявить не удалось. Листья женского пола ФД ивы трехтычинковой сильнее повреждаются растворами серной кислоты.

При обработке растворами азотной кислоты (см. табл. 15) ФД была более устойчивой, чем ФО ивы трехтычинковой. Добавим, что листья с мужских растений ивы трехтычинковой сильнее, чем с женских, повреждаются растворами азотной кислоты.

Соляная кислота действует на иву трехтычинковую таким образом (см. табл. 15), что резких различий в повреждаемости листьев ФО и ФД установить не удалось. Но у ФО листья с женских

растений несколько более устойчивые к действию растворов соляной кислоты.

Таблица 15
Сравнительная устойчивость ф. одноцветной и ф. двуцветной ивы
трехтычинковой к действию растворов токсикантов

Токси-кант	Концен-трация раствора, %	Гибель листовой пластиинки					
		форма одноцветная			форма двуцветная		
		мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
H_2SO_4	2	85,0±3,3	86,7±3,8	85,8±2,5	26,7±4,1	25,0±2,6	25,8±2,4
	4	100	98,3±0,8	99,2±0,5	92,8±1,5	54,4±5,0	73,6±5,3
	6	100	100	100	97,2±0,9	73,9±4,4	85,6±3,6
HNO_3	2	25,0±2,6	11,7±1,2	18,3±2,1	8,9±1,4	6,6±1,1	7,7±0,9
	4	60,5±5,0	30,0±3,7	45,0±4,7	19,4±4,0	12,2±2,7	15,8±2,5
	6	70,6±7,8	55,0±7,6	62,8±5,6	53,3±6,5	20,6±5,7	36,9±5,8
HCl	2	8,9±1,1	0,6±0,6	4,2±1,2	3,7±0,3	7,2±0,9	5,4±0,6
	4	16,1±2,2	1,3±0,5	8,7±2,1	20,6±4,2	8,9±1,6	14,7±2,6
	6	38,3±6,8	6,1±2,5	22,2±5,2	41,7±9,3	18,3±3,5	30,0±5,6
NaOH	2	6,1±0,7	15,0±2,2	10,6±1,6	5,0±0,0	14,4±2,4	9,7±1,6
	4	31,1±4,8	87,3±7,1	59,2±8,0	12,2±1,7	21,7±7,8	16,9±4,0
	6	57,8±8,9	98,9±0,7	78,3±6,6	32,8±2,8	38,3±6,8	35,6±3,6

Растворы едкого натра (см. табл. 15) в большей степени повреждают листья ФО ивы трехтычинковой. Мужские растения меньше, чем женские, повреждаются растворами едкого натра; это особенно выражено у ФО.

Облистственные побеги ивы трехтычинковой повреждаются растворами кислот в различной степени. Наибольшие повреждения листовой поверхности вызывают растворы серной кислоты, затем азотной и соляной кислот.

ФД ивы трехтычинковой более устойчива к действию токсикантов, чем ФО. Нет единого характера устойчивости листьев растений разного пола к действию токсикантов; если в одном случае мужской пол более устойчив, то в другом устойчивым оказывается женский пол.

2.4. Сравнительная характеристика устойчивости ивы белой и ивы остролистной

Целесообразность проведения сравнительной оценки устойчивости ивы белой и ивы остролистной определяется их высокой хозяйственной ценностью [Левицкий, 1965]. Так, ива белая – одна из

немногих ив, способных к формированию сомкнутых высокоствольных древостоев, а ива остролистная широко применяется при шелюговании песков и при создании разнообразных защитных полос [Морозов, 1950].

Следует отметить, что газоустойчивость ивы белой и ивы остролистной изучалась многими исследователями [Илькун, 1978; Антипов, 1979; Николаевский, 1979], но фактические данные носят разрозненный характер.

Характеризуя устойчивость ивы белой и ивы остролистной к хлориду натрия (рис. 9), следует отметить, что в июне при длительной интоксикации различий между видами не наблюдается, в то время как в июле и августе ива остролистная демонстрирует большую устойчивость. Наблюдаются определенная устойчивость растений женского пола ивы белой. Различий в устойчивости листьев с мужских и женских растений у ивы остролистной выявить не удалось; отмечается лишь тенденция повышения солеустойчивости женских растений. Устойчивость к хлориду натрия у ивы белой и ивы остролистной возрастает в течение вегетационного периода. При этом у ивы остролистной в августе листья повреждаются меньше, чем в июне.

Сульфит натрия воздействует на изолированные листья ивы белой и ивы остролистной (рис. 10) сходным образом, т. е. различий между видами не наблюдается. В то же время листья с женских растений ивы белой оказались в июне и августе значительно более устойчивыми по сравнению с мужскими. Половые различия в устойчивости ивы остролистной проявились в августе. При этом листья с растений мужского пола оказались более устойчивыми к сульфиту натрия. В течение вегетационного периода у ивы белой и ивы остролистной возрастает устойчивость к действию сульфита натрия (экспозиция 24 ч).

Окись азота вызывает сильные повреждения листовой поверхности ивы белой и ивы остролистной, при этом последняя повреждается несколько меньше (табл. 16). У ивы белой не было обнаружено различий в устойчивости листьев у растений разного пола. Листья с женских растений ивы остролистной при фумигации окисью азота повреждались в меньшей степени, чем листья с мужских растений.

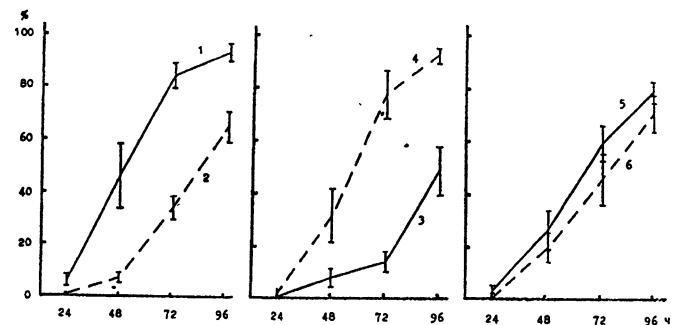
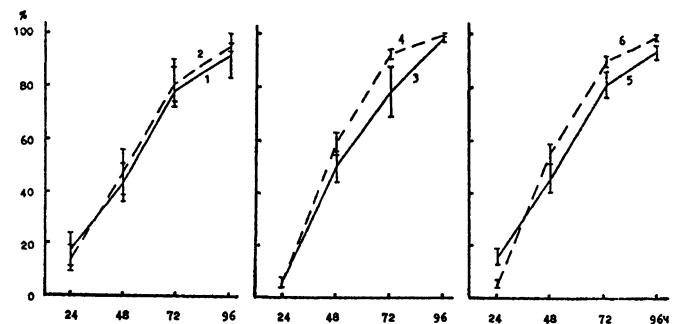
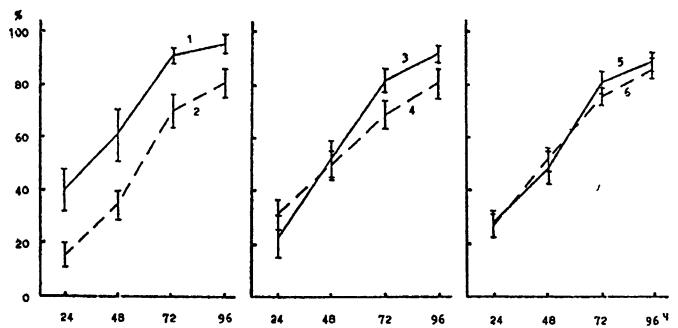
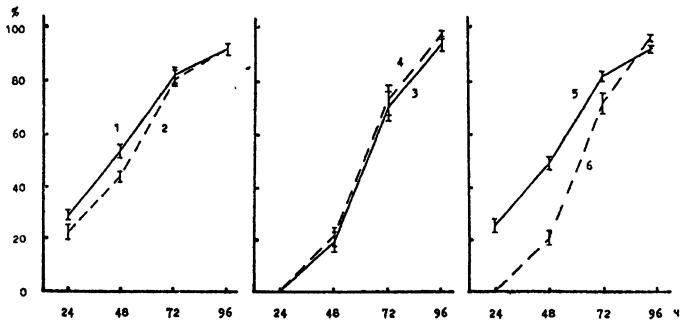
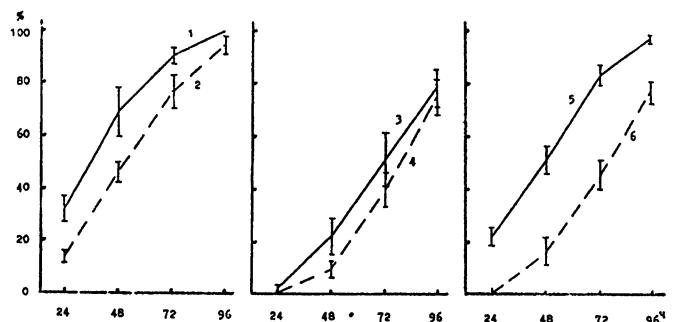


Рис.9. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы белой (1,2,5) и ивы остролистной (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором NaCl в июне (А), июле (В) и августе (С)



A



B

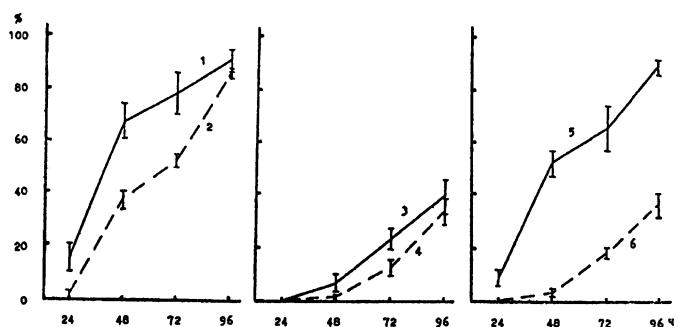


Рис.10. Повреждаемость листьев (%) мужского (1,3) и женского (2,4) пола ивы белой (1,2,5) и ивы остролистной (3,4,6) при воздействии (ч) 4%-ным раствором Na_2SO_3 в июне (А), июле (Б) и августе (С)

Двуокись серы (см. табл. 16) вызывает сходные повреждения листовой поверхности ивы белой и ивы остролистной. У ивы белой листья с женских растений меньше, чем мужские, повреждаются двуокисью серы; листья с женских растений ивы остролистной также более устойчивы к двуокиси серы ($710 \text{ мг}/\text{м}^3$).

По устойчивости к действию хлора (см. табл. 16) в сравнении с ивой остролистной несколько выделяется ива белая. При этом различий в повреждаемости листьев мужских и женских растений ивы белой и ивы остролистной установить не удалось.

Сероводород наименее токсичен для ивы белой и ивы остролистной (см. табл. 16). У ивы белой листья с растений мужского пола более устойчивы к сероводороду, чем женского; различий в устойчивости листьев разного пола ивы остролистной установить не удалось.

Из табл. 16 следует, что аммиак повреждает листья ивы белой и ивы остролистной сходным образом. У ивы белой листья с мужских и женских растений повреждаются в одинаковой степени. Листья с мужских растений ивы остролистной более устойчивы к аммиаку, чем листья женского пола.

При известных различиях в повреждаемости листьев газами для ивы белой и ивы остролистной наиболее токсичной была окись азота, для ивы остролистной – окись азота и двуокись серы. Наименьшие повреждения листьев ивы белой и ивы остролистной были вызваны сероводородом.

Серная кислота сильно повреждает листья ивы белой и ивы остролистной (табл. 17). Различий между видами в устойчивости не наблюдается. Листья с мужских растений ивы белой более устойчивы к действию растворов серной кислоты, чем листья женского пола. У ивы остролистной листья растений разного пола повреждаются растворами серной кислоты в равной степени.

Из табл. 17 следует, что листья ивы остролистной повреждаются растворами азотной кислоты меньше, чем листья ивы белой. Определенных различий в устойчивости к азотной кислоте листьев с мужских и женских растений ивы белой и ивы остролистной не наблюдается.

Повреждения листьев ивы белой и ивы остролистной при воздействии растворов соляной кислоты (см. табл. 17) не различались. Сходным образом повреждались листья мужского и женского пола ивы белой. Однако листья с женских растений ивы остролистной

Таблица 16

**Газоустойчивость ивы белой и ивы остролистной
(экспозиция в газовой камере 30 мин)**

Загрязнители	Концентрация		Гибель листовой пластинки, %					
	мг/м ³	ppm	ива белая			ива остролистная		
			мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
NO _x	83,7	67	25,0±3,7	3,8±2,4	14,4±3,8	—	—	—
	167,4	133,9	28,3±1,1	33,3±4,2	30,8±2,2	—	—	—
	310	248	100	100	100	100	78,9±6,6	89,4±4,1
	500	400	100	98,6±0,8	99,3±0,4	100	96,1±2,3	98,1±1,2
	670	536	100	98,8±0,6	99,4±0,3	100	96,7±1,4	98,3±0,8
	280	105,3	27,5±3,8	0	13,8±4,5	—	—	—
SO ₂	710	266,9	100	13,9±1,6	56,9±10, 5	100	46,1±6,7	73,1±7,3
	1070	402	100	28,9±7,4	64,4±9,3	100	100	100
Cl ₂	1430	537,6	100	78,3±4,3	89,2±3,3	100	100	100
	820	313	94,4±2,6	24,4±4,1	59,4±8,6	56,7±4,2	71,7±4,2	64,2±3,4
	1220	465,6	62,2±5,7	78,3±3,4	70,3±3,8	86,1±4,0	72,2±6,0	79,2±3,9
H ₂ S	1630	622	90,0±3,4	81,7±1,4	85,8±2,1	90,6±3,8	91,7±3,4	91,1±2,5
	200	141,8	0	0,7±0,4	0,3±0,2	0	0,7±0,4	0,3±0,2
	400	283,7	0	1,0±0,5	0,5±0,3	2,6±0,2	1,0±0,5	1,8±0,7
NH ₃	600	425,5	1,3±0,5	3,0±1,1	2,2±0,6	2,8±0,9	1,3±0,5	2,1±0,5
	190	267,7	1,7±0,5	1,4±1,1	1,6±0,7	0,9±0,6	0	0,4±0,
	380	535,2	5,0±0	21,7±7,6	13,3±4,2	3,9±0,7	26,1±4,9	15,0± ⁺ 3
	570	802,8	27,8±4,1	27,8±5,2	27,8±3,2	22,2±8,1	47,2±8,0	34,7 ⁺ 0,3

Таблица 17

Сравнительная устойчивость ивы белой и ивы остролистной к действию растворов токсикантов

Токси-кант	Концен-трация раствора, %	Гибель листовой пластинки, %					
		форма одноцветная			форма двуцветная		
		мужские	женские	в целом	мужские	женские	в целом
H ₂ SO ₄	2	77,8±4,0	100	88,9±3,3	78,9±6,7	84,4±4,4	81,7±3,9
	4	98,3±1,7	100	99,2±0,8	100	95,6±1,3	97,8±0,8
	6	100	100	100	98,7±1,7	100	99,2±0,8
HNO ₃	2	59,4±5,7	72,8±8,4	66,1±6,2	29,4±4,4	70,6±8,7	50,0±6,9
	4	100	93,9±1,6	96,9±1,1	85,6±4,4	82,8±2,8	84,2±2,5
	6	100	100	100	91,7±5,7	90,0±5,7	90,8±3,1
HCl	2	15,0±0	14,3±3,4	14,7±1,7	12,8±1,5	11,7±1,7	12,2±1,1
	4	20,6±2,1	30,0±6,0	25,3±3,3	33,3±5,5	29,4±4,1	31,4±3,4
	6	62,2±6,4	62,2±2,8	62,2±3,4	76,1±5,6	46,7±3,7	61,4±4,8
NaOH	2	7,3±1,6	6,0±1,0	6,7±0,9	12,8±2,2	5,6±0,6	9,2±1,4
	4	41,1±5,6	30,6±3,1	35,8±3,4	31,7±4,9	39,4±4,3	35,6±3,3
	6	61,7±1,2	74,4±3,1	68,1±6,2	75,6±7,1	85,6±4,3	80,6±4,2

несколько более устойчивы к действию раствора соляной кислоты, чем листья мужского пола.

Наиболее токсичной по отношению к ивам белой и остролистной оказалась серная кислота, затем следует азотная, наименьшие повреждения были вызваны соляной кислотой.

Значительных различий в устойчивости ивы белой и ивы остролистной к действию растворов едкого натра не обнаружено (см. табл. 17), то же самое касается повреждений листьев растений разного пола этих видов ив.

2.5. Сравнительная фитотоксичность загрязнителей

При характеристике фитотоксичности различных газов (табл. 18) было определено, что для большинства изученных видов ив наименее токсичным является сероводород, а наибольшие повреждения листьев отмечались при фумигации окисью азота и двуокисью серы. Хлор и аммиак по фитотоксичности занимают

Таблица 18

Сравнительная фитотоксичность загрязнителей по отношению к некоторым видам ив

Виды ив	Ряды увеличения фитотоксичности загрязнителей (по данным листовой диагностики)	
	газообразные загрязнители	водные растворы загрязнителей
Трехтычинковая	H ₂ S – Cl ₂ – NH ₃ – SO ₂ – NO _x	HCl – NaOH – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Белая	H ₂ S – NH ₃ – Cl ₂ – SO ₂ – NO _x	NaOH – HCl – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Остролистная	H ₂ S – NH ₃ – Cl ₂ – SO ₂ – NO _x	NaOH – HCl – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Корзиночная	H ₂ S – Cl ₂ – NH ₃ – SO ₂ – NO _x	HCl – NaOH – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Шерстистопобеговая	NH ₃ – Cl ₂ – H ₂ S – SO ₂ – NO _x	NaOH – HCl – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Серая	H ₂ S – Cl ₂ – NH ₃ – SO ₂ – NO _x	HCl – NaOH – HNO ₃ – H ₂ SO ₄
Козья	H ₂ S – NH ₃ – Cl ₂ – SO ₂ – NO _x	HCl – NaOH – HNO ₃ – H ₂ SO ₄

промежуточное положение. При этом для одной группы видов ив (трехтычинковая, корзиночная, серая) более опасен аммиак, а для другой (ивы белая, остролистная, козья) – хлор. Отметим, что по отношению к аммиаку наиболее газоустойчивой является ива шерстистопобеговая.

Ивы проявляют различную устойчивость к действию водных растворов токсикантов (см. табл. 18). Самыми токсичными для ив были растворы серной и азотной кислот. У ив белой, остролистной

и шерстистопобеговой меньшие ожоги листьев были при обработке едким натром, в то время как у других (ива трехтычинковая, корзиночная, серая, козья) – при обработке соляной кислотой.

2.6. Об устойчивости ив к загрязнителям в связи с двудомностью

Вопрос полового диморфизма растений тесно связан с эколого-эволюционными исследованиями репродуктивного процесса [Наугольных, 1945; Джапаридзе, 1965; Дерий, 1979; Понерт, 1979; Синельщиков, Шведченко, 1986; Геодакян, 1987; Mazer, 1987; Josphumi, 1990; Барна, 1992]. При изучении хвойных пород были выделены мужские и женские половые типы деревьев, а также морфо-физиологические различия таких деревьев [Минина, Третьякова, 1983; Горшкович, 1990; Ross, 1984].

Семейство Ивовых представлено двудомными видами, хотя отмечаются случаи однодомности [Кузнецов, 1936; Сагитов, 1967], гермафродитизма [Василенко, 1980; Rohwer, Kubitzki, 1984]. В популяциях Ивовых наблюдается различное соотношение мужских и женских растений [Гончаренко, 1962; Barnes, 1966; Долгошев, 1968; Сиволапов, Благодарова, 1981; Ietswaart et al, 1984; Takehar 1989]. Проведенные исследования позволили выявить различия между мужскими и женскими растениями по морфологическим показателям [Керн, 1932; Полякова, 1962; Walters, Bruckmann, 1965; Старова, Еременко, 1970; Тамм, 1979; Ильин, 1982; Юдашев, 1985; Sakai, Burris, 1985], по физиолого-биохимическим показателям [Кочановский, 1968; Лапа, Бутко, 1979; Mehra, 1985; Лапа, 1989].

Отмечается, что мужские растения ивовых более устойчивы [Данилин, 1980], лучше размножаются вегетативным путем [Скворцов, 1973]. В то же время как более устойчивые отмечаются женские растения [Elmqvist et al, 1988; Verwijst, 1990], и они же лучше размножаются вегетативным путем [Singh, 1986].

По результатам других исследований различий между мужскими и женскими растениями не отмечено [Iglesias, Bell, 1989; Беляева, 1991]. Анализ публикаций по вопросу полового диморфизма ивовых позволил установить факт разностороннего исследования этого явления. Но вследствие того, что исследования проводились в различных регионах и с разными видами, целостной картины полового диморфизма ивовых составить не удается.

Устойчивость листьев ив растений мужского (М) и женского (Ж) пола при действии загрязнителей

Виды и формы ив	No _x	SO ₂	Cl ₂	H ₂ S	NH ₃	H ₂ SO ₄	HNO ₃	HCl	NaOH	NaCl	Na ₂ SO ₃
Трехтычинковая	M>Ж	M<Ж	M=Ж	M>Ж	M=Ж	M<Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M=Ж
ф. однодреветная	M<Ж	M<Ж	M>Ж	M=Ж	M>Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M=Ж
ф. двуцветная	M=Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M<Ж	M<Ж
Белая	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M=Ж	M>Ж
Остролистная	M<Ж	M<Ж	M=Ж	M=Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M<Ж	M<Ж	M=Ж
Корзинная	M<Ж	M<Ж	M>Ж	M=Ж	M>Ж	M<Ж	M>Ж	M=Ж	M<Ж	M=Ж	M=Ж
Шерстистопобеговая	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж
Серая	M=Ж	M=Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M=Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж
Козья	M=Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж	M>Ж

Экспериментальное изучение устойчивости листьев ив к различным загрязнителям в связи с двудомностью (табл. 19) позволило выявить ряд особенностей. По различиям в устойчивости к действию токсикантов на мужские и женские растения выделяются следующие группы видов ив:

1 – повреждаемость листьев мужского и женского пола загрязнителями в целом сходная (ива шерстистопобеговая, козья, белая, остролистная, форма одноцветная ивы трехтычинковой);

2 – по отношению к большинству испытанных загрязнителей листья с мужских растений более устойчивые (ива серая);

3 – как более устойчивые отмечаются женские растения (ива корзиночная, форма двуцветная ивы трехтычинковой).

Следует подчеркнуть, что среди этих групп видов отмечаются случаи различий в устойчивости мужских и женских растений к отдельным загрязнителям.

Выделение среди изученных видов ив трех групп по характеру устойчивости растений в связи с двудомностью находится в соответствии с выводами Л.И.Джапаридзе [1965].

2.7. Содержание некоторых металлов в листьях ив

Химический состав древесных растений является предметом пристального внимания ряда исследователей [Митрофанов, 1977; Веретенников, 1985; Гирс, 1996]. Все организмы, в том числе и растения, отмечал В. И. Вернадский [1965], являются концентраторами рассеянных загрязнителей вне зависимости от того, находятся эти вещества в воздухе или почве.

Вопросы защиты ландшафтов от губительного воздействия промышленных загрязнителей, вопросы шумозащиты решаются посредством создания лесных насаждений. Ф.Лампадиус [Lampadius, 1968] утверждал, что фильтрация SO₂ лесами столь незначительна, что почти не имеет практического значения; вероятно, к такому выводу привело несовершенство методики проведения исследований. Исследования двух последних десятилетий показали, что подбор видов древесных растений основывается на учете лесорастительных условий, устойчивости к промышленным загрязнителям [Кулагин, 1983; Николаевский, Чернышенко, 1989], способности к поглощению газообразных загрязнителей [Чуваев и др., 1973; Кулагин, 1974; Smith, 1981], пылезадерживающей способ-

ности, шумозащите [Илькун, 1978], способности к поглощению металлов [Берзиня, 1980; Smith, 1981; Тарабрин и др., 1986].

Пыль MgO, являющаяся отходом магнезитовых заводов, изменяет кислотность почвы до щелочной (рН 8-9) [Носырев, 1966]. Отмечается повреждающее действие щелочных веществ как на низшие [Нильсон, Мартин, 1982], так и на высшие растения [Кондратюк и др., 1980]. В.В.Тарчевский [1964] указывает, что выделения щелочи (NaOH) глиноземными цехами алюминиевых заводов обжигают листья деревьев или прожигают в них отверстия; посадки ивы козьей и шерстистопобеговой сильно пострадали от выпавшего на их листья NaOH. Однако как устойчивые отмечены в первую очередь ивовые [Тарчевский, 1964].

Одним из техногенных факторов, влияющих на растения, является запыление атмосферы [Илькун, 1978; Кондратюк и др., 1980]. Лесные насаждения успешно выполняют функцию фитофильтра, задерживая пыль в промышленных и городских условиях [Яговой и др., 1966; Meyer, 1973; Байжанова, 1982; Касимов, 1985; Мальков, 1986].

Показано [Ворон, 1986; Джугарян, 1990; Сродных, Меньшиков, 1992], что на листьях древесных пород накапливается значительное количество цементной пыли, и насаждения при этом выполняет важную санитарно-гигиеническую роль по очистке воздушного бассейна. Цементная пыль подщелачивает среду, в результате чего лесные насаждения страдают, снижается их продуктивность [Азарова, Коваленко, 1992; Гигаури и др., 1992].

Древесные породы, произрастающие на промышленных отвалах, предотвращают вторичное загрязнение окружающей среды – запыление атмосферы [Веретенников, Дорогань, 1986].

Сравнение различных видов древесных растений показывает, что ивовые характеризуются как растения, обладающие высокими пылеудерживающими способностями [Гусев, 1952; Полонская, 1989].

Для очищения запыленного воздуха предлагается использовать древесные растения. Так, в июне в районе ТЭЦ пылезадерживающая способность листьев ивы белой выражалась в накоплении пыли в количестве 0,3 г/м² [Байжанова, 1982], а по данным Г.М.Илькуна и С.А.Аникиной [1981], средневозрастное дерево ивы белой с общей листовой поверхностью около 50 м² осаждает за вегетационный период около 34 кг цементной пыли.

Исследования, которые проводились в условиях промышленного загрязнения атмосферы дымо-газовыми выбросами, показали, что растения способны активно поглощать загрязнители [Артамонов, 1986; Николаевский, Чернышенко, 1989].

Древесные растения способны поглощать токсичные соединения серы [Чекой и др., 1983; Чернышенко, 1985, 1986], азота [Сергейчик, 1984], фтора [Михайлова, 1985; Супука, 1988], хлора [Парпан, Юхимчук, 1984; Зайковская, Фролов, 1990].

Лесные экосистемы в условиях промышленного загрязнения накапливают тяжелые металлы [Баранова, 1986; Плеханова, Обухова, 1992]. Отмечается, что в ассимиляционных органах более густого древостоя накапливается большое количество железа, марганца, меди, цинка [Зибцев, 1990]. Растения устойчивы к металлам [Schultz, Hutchinson, 1991], а показатели круговорота металлов в широколиственных лесах примерно в 2 раза выше, чем в хвойных [Weiner, Grodzinski, 1984].

Высокая степень урбанизации, развитие коммуникаций, сети железных и автомобильных дорог – это слагающие звенья техногенезации. Зеленые насаждения в городе представлены как отдельными деревьями и кустарниками, различными посадками, так и лесопарками. Основными источниками загрязнителей в городских условиях являются объекты энергетики и автомобильный транспорт [Patch, 1981; Евгеньев, 1989; Chakrabarti et al, 1989; Chakrabarti, Raeymaekers, 1989; Impens, 1990; Горышина, 1991].

Установлено, что зеленые насаждения в городе улучшают качество воздуха, микроклимат, выполняют незаменимую декоративную и эстетическую функции [Supuca, 1985; Rigo, 1987; Oke, 1989; Schroeder, 1989; Горышина, 1991; Булыгин, Фирсов, 1992]. В условиях городских насаждений использование ивовых как быстрорастущих и устойчивых древесных обеспечивает улучшение экологических условий [Шабуров, 1963; Сергейчик, 1984; Беляева, 1990]. Показано [Берзиня, 1980], что в ветвях ивы пурпурной в условиях загрязнения концентрация свинца составляет 19 мг/кг сухой массы, а в контроле – 4 мг/кг. Насаждения древесных, в числе которых были и ивы, выступают зелеными фильтрами по отношению к загрязнителям и предотвращают загрязнение почв [Берзиня, 1980]. Однако при этом следует отметить, что растения накапливают токсичные соединения, и это необходимо учитывать при дальнейшем использовании растений и их частей

[Армолайтис, Вайчис, 1984; Павловский, Муха, 1990; Berndtsson, 1990].

Ивы, будучи быстрорастущими древесными породами, с успехом используются в защитных лесонасаждениях различного назначения. Была оценена способность накопления ряда металлов в листьях этих древесных пород в условиях действия выбросов автотранспорта (автодорога республиканского значения) в течение вегетационного периода.

Содержание металлов в листьях определялось методом рентгено-флуоресцентного анализа в установке VRA-2 (Германия) (на базе Института геологии Уфимского НЦ РАН) и методом нейтронно-активационного анализа (на базе Института ядерной физики АН Узбекистана) [Добровольский, 1983; Кист, 1987; Ядерно-физические методы..., 1987; Дмитриев, 1988].

В листьях ивы корзиночной (табл. 20) у растений, произрастающих вдоль автодорог, выявлено повышенное содержание Au и Ta.

Содержание металлов в листьях ивы шерстистопобеговой (см. табл. 20) варьировало в меньшей степени, чем у других видов ив.

Установлено (см. табл. 20), что в листьях ивы белой в условиях автотранспортного загрязнения накапливаются в значительных количествах Fe, Sr, Co, Sc, Zn. Отмечается наличие La, Sm, Eu, Hf, Ta, Au, U.

Следует отметить, что близкие в систематическом отношении ивы корзиночная и шерстистопобеговая отличались – в листьях ивы корзиночной не был определен U, а у ивы шерстистопобеговой содержание U установлено на уровне 2,236 мг/кг сухой массы.

Таким образом можно отметить, что в условиях техногенного загрязнения в листьях ив в течение вегетационного периода происходит накопление металлов, что согласуется с опубликованными данными [Тарабрин, 1980]. При этом проявляется видоспецифичность древесных – ива белая способна аккумулировать Fe, Sr, Co, Sc, Zn, ива корзиночная – Sm, Au, ива шерстистопобеговая – U.

Одной из проблем при проведении рекультивации и восстановлении растительного покрова на промышленных отвалах выступает повышенное содержание в отвальных грунтах металлов и накопление их растениями [Махонина, 1987]. На отвалах угольных карьеров различные виды растений проявляют различную способность к накоплению металлов. Так, растения пырея способны на-

Содержание некоторых химических элементов в листьях ив, произрастающих вдоль автодорог (мг/кг)

Местопроявление растений	Срок отбора образцов	Ca	Sc	Sr	Fe	Co	Zn	La	Sm	Eu	Hf	Ta	Au	U
<i>Ива корзиночная</i>														
Ботанический сад	июнь	4,85	0,051	11,330	730	3,050	0,015	0,345	0,041	—	0,150	—	0,938	—
	август	3,74	0,457	25,400	110	1,230	0,130	0,608	0,048	0,190	—	0,163	—	—
A/дорога Уфа-Дема	июнь	4,09	0,308	14,750	720	2,453	0,022	0,285	0,061	—	1,530	0,200	1,678	—
	август	—	—	—	—	—	—	0,435	0,079	—	—	—	3,310	—
A/дорога Уфа-Аэропорт	июнь	4,17	0,456	12,200	600	2,900	0,446	0,990	0,076	0,281	—	0,160	2,101	—
	август	4,40	0,328	39,470	720	2,588	0,099	0,540	0,108	0,157	1,150	—	2,217	—
<i>Ива шерстистолобеговая</i>														
Ботанический сад	июнь	2,61	0,134	5,933	—	—	0,084	0,289	0,056	0,165	—	0,892	—	—
	август	3,44	0,281	—	500	1,825	0,208	0,395	0,031	0,211	0,483	—	1,923	—
A/дорога Уфа-Дема	июнь	3,88	0,180	10,330	440	2,750	0,115	0,289	0,033	0,048	—	1,023	—	—
	август	4,61	0,382	—	—	—	—	2,204	1,731	—	—	2,775	2,236	—
A/дорога Уфа-Аэропорт	июнь	7,02	0,747	15,400	1450	3,050	0,057	1,524	0,127	0,193	1,817	—	2,485	1,500
	август	—	0,323	28,550	700	2,450	0,205	0,486	0,068	0,239	1,633	—	1,791	—
<i>Ива белая</i>														
Ботанический сад	июнь	5,55	0,25	16,00	320	1,38	0,14	0,243	0,064	0,204	1,533	—	1,132	0,423
	август	6,49	0,24	12,47	540	2,23	0,14	3,042	0,059	0,144	—	0,267	2,729	—
A/дорога Уфа-Дема	июнь	6,52	0,39	30,20	1440	2,13	0,03	0,426	0,105	0,315	1,817	—	1,651	—
	август	4,49	0,35	32,20	1490	2,75	0,12	0,578	0,061	0,235	1,533	—	2,681	—
A/дорога Уфа-Аэропорт	июнь	7,26	0,31	9,53	1120	1,53	0,14	0,791	0,598	0,189	2,700	0,227	1,163	3,287
	август	6,76	1,71	108,40	5600	6,43	0,05	1,871	0,295	0,516	—	—	—	—

акапливать Fe в 3,9–5,4 раза больше его содержания в отвальных грунтах, Mn – в 2,6–3,2 раза, Zn – в 10–15 раз; для люцерны эти показатели составляют: Fe – в 3,7–6,1 раза, Mn – в 2,2–2,9 раза, Zn – в 10,5–23,3 раза больше его содержания в отвальных грунтах. В то время содержание в отвальных грунтах и в растениях Cd, Co, Pb было примерно одинаковым. В условиях железорудного шлакового отвала у растений содержание Fe достигало 1 000 мг/кг, в то время как в обычных условиях оно было 20–300 мг/кг [Punz et al, 1984], а исследования в пределах отвалов Криворожского железорудного бассейна [Чайкина, Объедкова, 1990] привели к непреемлемости в данных условиях сельскохозяйственного направления рекультивации. Однако, если и отмечена повышенная аккумуляция Na и Fe в древесине и листьях растений (облепиха, робиния, лох, аморфы) на отвалах, то это еще не говорит о том, что данное растение можно отнести к "металлофитам" [Punz et al, 1984].

Сравнительная оценка видов ив по способности к накоплению металлов при произрастании на промышленных отвалах медно-колчеданных, железорудных и буроугольных месторождений (табл. 21) позволяет установить следующее: 1) содержание K в листьях ивы белой, трехтычинковой, шерстистопобеговой, козьей на различных отвалах различается незначительно; 2) наибольшее содержание Sr отмечено у растений, произрастающих на отвалах буроугольного месторождения, при этом наибольшее количество установлено у ивы белой; 3) максимальное значение Rb отмечено у ивы козьей и шерстистопобеговой на отвалах железорудного месторождения.

Резюмируя материалы по сравнительной устойчивости ив к загрязнителям, следует выделить некоторые моменты.

Изученные виды ив проявляют различную устойчивость к загрязнителям. Наибольшую газоустойчивость к окиси азота, хлору проявляет ива корзиночная, к двуокиси серы – ива трехтычинковая, к аммиаку – ива шерстистопобеговая, а наименьшую к двуокиси серы и аммиаку – ива серая. Сероводород, проявляющий низкую токсичность к большинству видов ив, оказывается сильно повреждающим фактором для ивы шерстистопобеговой. Следовательно, газоустойчивость ив не базируется на единой морфо-физиологической основе, а обязана различным комплексам признаков и свойств.

Таблица 21

Содержание некоторых металлов в листьях ив, произрастающих на промышленных отвалах (мг/кг)

Вид	Металл	Ботанический сад	Отвалы Туканского железорудного месторождения	Отвалы Учалинского медно-колчеданного месторождения	Отвалы Кумертауского буруогольного месторождения
Ива белая	Rb	10	—	—	2,3
	Sr	150	—	—	486
	K	14300	—	—	14900
Ива трехтычинковая	Rb	3,4	—	—	10,2
	Sr	61	—	—	172
	K	14700	—	—	19000
Ива шерстистопобеговая	Rb	2,6	58	—	4,4
	Sr	84	124	—	342
	K	15600	14900	—	14400
Ива козья	Rb	2,4	58,4	8,0	18,2
	Sr	206	289	176	340
	K	14400	19000	10800	15400

Исследования показали, что листья ив корзиночной, трехтычинковой, серой и козьей более солеустойчивы, чем у ив шерстистопобеговой, белой и остролистной. По отношению к ивам хлорид натрия обладает более сильной токсичностью, чем сульфит натрия. Заслуживает внимания сезонная динамика устойчивости к сульфиту натрия листьев ив и, в частности, ее снижение к концу вегетации у ив корзиночной, шерстистопобеговой, серой и возрастание у ив белой, остролистной.

В рядах сравнительной устойчивости виды ив, имеющие одинаковую секционную принадлежность, демонстрируют явные различия при повреждении листьев загрязнителями. Ива корзиночная отличается от ивы шерстистопобеговой при воздействии сероводорода, аммиака, а ива козья и серая – при воздействии водных растворов кислот. Это свидетельствует о неоднородности секций, о видовой индивидуальности ив в связи с использованием ими в качестве защитных средств различных свойств своей морфофункциональной организации.

Ивы могут рассматриваться как значимый компонент фитофильтра в условиях промышленного загрязнения окружающей среды металлами. Ивовые насаждения на промышленных отвалах играют важную роль в предотвращении вторичного (водно-ветровая эрозия) загрязнения прилегающих ландшафтов.

Глава 3

О РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЯХ ИВ

Отмечено, что в случае периодического загрязнения воздуха древесные могут регенерировать листовую поверхность [Gresta, 1972], а дымоустойчивость связывается с высокой регенерационной способностью [Vogl, Bortitz, 1965; Дашкевич, 1982]. А.С.Ситникова [1966] наблюдала вторичное распускание листьев у ивы ломкой на территории металлургического завода, где концентрация SO₂ достигала 5,3 мг/м. У ивы козьей в зоне сильного загрязнения листья неоднократно восстанавливались [Махнев, Мамаев, 1979]. Указывается [Десслер, 1981], что такие быстрорастущие древесные, как ивовые, при острых повреждениях газами быстро восстанавливаются. В.А.Алексеев [1982] считает побегообразование реакцией на загрязнители, что можно рассматривать как явление адаптивное, способствующее сохранению вида в экстремальных условиях. В системе защитных приспособлений древесных растений от токсикантов регенерация признается как последний резерв сохранения жизнеспособности растений [Гетко и др., 1978].

Изучение последствий дефолиации растений после воздействия промышленных загрязнителей показывает, что ослабляется конкурентная способность деревьев [Bassmann, Dickmann, 1985]. Указывается, что крупные деревья более чувствительны к дефолиации, хотя из-за низкой газоустойчивости первыми в загазованных древостоях погибают мелкие деревья [Аугустайтис, Барткявичюс, 1990].

В практическом плане дефолиацию с успехом можно использовать как способ, облегчающий приживаемость саженцев древесных пород [Дадыкин, Самсонова, 1976].

Как одно из проявлений регенерационных способностей древесных растений следует рассматривать образование придаточных корней, способность к вегетативному размножению. Следует отметить, что всхожесть семян ив значительно теряется в течение 11–34 дней хранения [Смалюкас, 1973]. В то же время семена ветлы при хранении в эксикаторах и в холодильнике сохраняли всхожесть 40–50% до 6–7 месяцев [Черствин, 1965]. Следовательно, размножение ив черенками и кольями дает возможность быстро и весьма эффективно создавать ивовые насаждения различного на-

значения [Усманов, 1973; Chalupa, 1982; Даньшин и др., 1984; Кулагин, 1991].

Сравнение ив при вегетативном размножении показывает значительные различия между видами [Исащенко, 1949; Вамбольдж, 1973; Погосов, Погосов, 1987; Suszka, 1990]. Результаты размножения ив и создания ивовых насаждений зависят от выбора посадочного материала – черенки, прутья, колья, окорененные черенки [Шредерь, 1890; Isaichenko, 1949; Морозов, 1966; Голошвили, 1971; Усманов, 1973; Sheikh, 1973; Морякина, 1976; Сидоров, 1978; Burgess et al, 1990]; способа посадки – угол наклона, глубина заделки и т. д. [Безкоровайный, 1949; Marcovic, 1982; Suszka, 1990;]; сроков посадки [Скворцов, 1961; Bonduelle, 1982; Кулагин, 1991].

В целом регенерационные процессы являются основой полноценного онтогенеза [Юсуфов, 1991]. Показано, что регенерационные способности ив находятся в эколого-эволюционной связи с динамичными лесорастительными условиями речной поймы [Кулагин, 1994]. Так, например, при высоком уровне влажности в ксилеме и низком уровне транспирации стимулируется образование побегов из спящих почек [Davis, 1989].

Регенерационные способности древесных растений, как правило, связывают с вопросами порослевого возобновления, регенерации корневых систем в лесных культурах, конкурентной способности деревьев в насаждении, последствий дефолиации растений листогрызущими вредителями, кроме того, регенерация обозначается как резерв сохранения жизнеспособности растений при поражении газовыми эмиссиями [Крокер, 1950; Гетко и др., 1978; Шепелевич, 1978; Chakrabarti, 1984; Калинин, Лантух, 1985; Bassmann, Dickmann, 1985; Jones, Raynal, 1987]. Раскрытие регенерационных способностей древесных позволяет установить пределы использования видов ив при лесовосстановлении, прогнозировать устойчивость насаждений к техногенным факторам [Гудериан, 1979; Алексеев, 1982; Кулагин, 1985; Nicolae et al, 1985]. В исследованиях использовались ивы трехтычинковая, белая, остролистная, корзиночная, шерстистопобеговая, козья. Эти виды представляют практический интерес как быстрорастущие породы [Левицкий, 1965], как древесные растения, устойчивые к промышленным загрязнителям [Антипов, 1979; Кулагин, 1994] и способные к поглощению экскалаторов [Берзиня, 1980].

Результаты опытов (табл. 22) показали, что для растений ив трехтычинковой, белой и козьей достаточно повторной дефолиации, чтобы в текущем вегетационном периоде облиствения не произошло. Трехкратной дефолиации были подвергнуты ивы корзиночная, шерстистопобеговая, серая. Ива остролистная имеет ярко выраженные регенерационные способности и выдерживает четырехкратное уничтожение листьев.

Весной следующего года наблюдались различия между видами по сохранению жизнеспособности побегов разных возрастов у дефолиированных растений. У ивы шерстистопобеговой трехкратную дефолиацию выдержали и успешно вегетировали на следующий год однолетние побеги. У других видов ив после дефолиации сохранились двух- и трехлетние побеги и побеги более старших возрастов. В наибольшей степени от дефолиации пострадала ива козья – у растений отмечена гибель восьмилетних ветвей.

Различия в способности к восстановлению листового аппарата растений после дефолиации обусловлены биологическими особенностями и, несомненно, связаны с условиями произрастания вида. Ивовые как эколого-эволюционная группа растений сформировались в условиях поймы [Скворцов, 1968]. Древесные растения, произрастая в динамичных, постоянно изменяющихся лесорастительных условиях поймы, неоднократно в течение онтогенеза подвергаются действию фактора поемности. Затопление паводковыми водами, погребение аллювием и разрушение группировок древесной растительности в поймах рек можно рассматривать как экстремальные факторы среды.

Для выяснения регенерационных особенностей рассмотрим данные о сезонной приживаемости одревесневших черенков (рис. 11) и динамике роста боковых побегов (рис. 12). Приживаемость одревесневших черенков кустарниковых видов ив (ивы трехтычинковая, корзиночная) и многоствольных деревьев (ивы остролистная, шерстистопобеговая) выше, чем черенков ивы белой – дерева первой величины. Наиболее высокая укореняемость черенков в ходе вегетации отмечается у ивы корзиночной. В целом ивы пойменных местообитаний проявляют повышенную способность к укоренению по сравнению с ивами лесоболотных местообитаний – вегетативным путем ивы серая и козья размножаются зелеными черенками [Комиссаров, 1964].

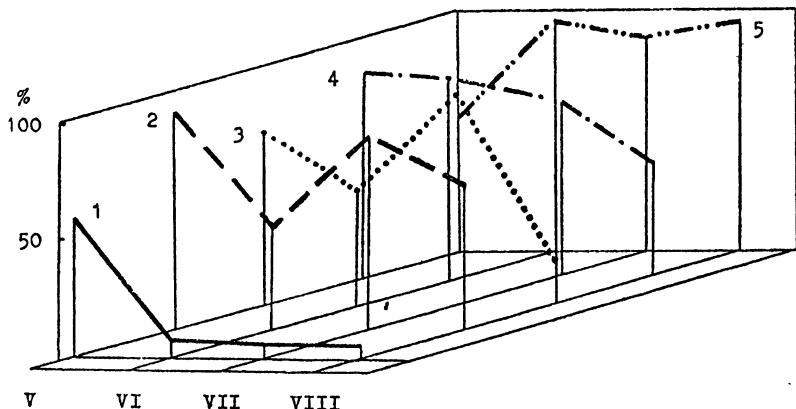


Рис.11. Характеристика приживаемости (%) древесных черенков ивы белой (1), ивы остролистной (2), ивы трёхтычинковой (3), ивы шерстистопобеговой (4) и ивы корзиночной (5) при различных сроках посадки (май-июнь-июль-август)

Т а б л и ц а 2 2

Дефолиация и регенерация ассимиляционного аппарата некоторых видов ив

Вид	Сроки и кратность дефолиации				Возраст побегов (годы), сохранивших жизнеспособность весной следующего года
	июнь	июль	август	сентябрь	
Ива трехтычинковая	+	-			2 и более
Ива белая	+	-			2-3 и более
Ива остролистная	+	+	+	+	2-3 и более
Ива корзиночная	+	+	-		2 и более
Ива шерстистопобеговая	+	+	-		1-2 и более
Ива козья	+	+	-		2 и более
Ива козья	+	-			3-8 и более

П р и м е ч а н и е . (+) – способность и (-) – неспособность восстанавливать листвовой аппарат после дефолиаций в течение текущего вегетационного сезона.

Максимальные приросты побегов отмечаются на черенках, посаженных в мае, а минимальные – на черенках августовской посадки. Наибольшие приросты за вегетационный период характерны для ивы шерстистопобеговой (посадка черенков в мае, июне, августе), а за июль – для ивы корзиночной.

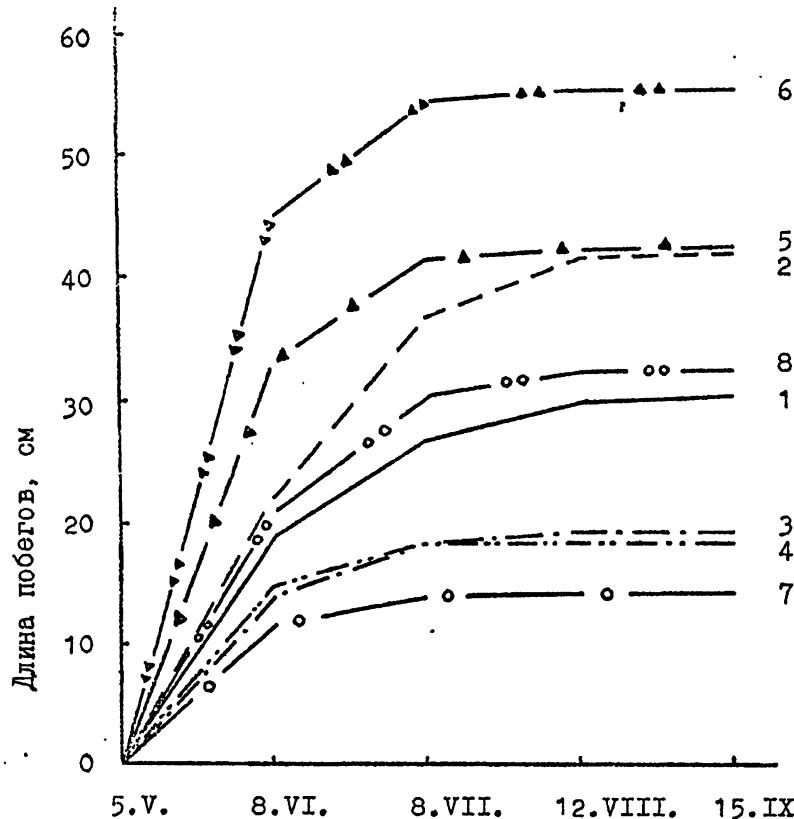


Рис.12. Сезонная динамика роста боковых побегов ив:
 1 – ива корзиночная, 2 – ива шерстистопобеговая, 3 – ива серая, 4 – ива козья,
 5 – ива трехтычинковая форма одноцветная, 6 – ива трехтычинковая форма
 двуцветная, 7 – ива белая, 8 – ива остролистная

Материалы по сезонной динамике роста боковых побегов показывают, что рост побегов ив начинается в начале мая, наиболее интенсивно они растут в мае и июне, а к августу у большинства видов ив рост прекращается. Отметим, что ивы пойменных местообитаний (ивы трехтычинковая, шерстистопобеговая, остролистная, корзиночная) характеризуются высокими приростами боковых побегов, в то время как у ив серой и козьей (лесоболотные виды ив) средние размеры боковых побегов не превышают 20 см. К последним близка ива белая, у которой выражен верхушечный прирост [Левицкий, 1965].

Сопоставление данных по приживаемости черенков и росту побегов в течение вегетационного сезона с результатами регенерации листьев после дефолиации показывает, что ивы с короткими сроками роста в течение вегетационного сезона имеют слабые регенерационные способности, и это соответствует результатам исследований регенерации вегетационных органов тополей [Janson, 1967].

На примере ив шерстистопобеговой, корзиночной, остролистной прослеживается связь успешного произрастания в динамичных лесорастительных условиях поймы видов с повышенными регенерационными способностями. Это свидетельствует и об экологической дифференциации рода *Salix*. Благодаря регенерационным способностям ив корзиночной, шерстистопобеговой, остролистной, и их газоустойчивости насаждения этих видов в состоянии принять на себя массированный удар промышленных выбросов, ограничить дальнейшее их распространение и ослабить пагубное действие на окружающую среду и при этом сохранить жизнеспособность.

Глава 4

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИВ В СВЯЗИ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ПРОМЫШЛЕННЫМ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ

Эколого-биологический анализ древесных пород, анализ отношения их к условиям загрязнения позволили сделать И.Р.Илюшину [1953] вывод, что засухо- и солеустойчивые древесные одновременно являются и газоустойчивыми. В.С.Николаевский [1979] считает, что водоудерживающая способность является показателем устойчивости растений к экстремальным факторам (низкие температуры, засуха, газы).

Анатомо-морфологические и физиолого-биохимические особенности, сложившиеся в филогенезе и онтогенезе, обусловливают различную газоустойчивость как аборигенных, так и интродуцированных видов древесных; при этом одни виды могут переносить в 10–50 раз большую концентрацию вредных ингредиентов по сравнению с другими [Сергейчик, 1984]. При увеличении антропогенного прессинга изменения растений носят характер ксероморфоза; отмечается изреженность крон, увеличение доли световых листьев в кроне, уменьшение листовой поверхности, утолщение листа, увеличение числа устьиц и уменьшение их размеров [Applied Science..., 1976; Фролов, 1980; Smith, 1981; Рахимбаев, Дашкевич, 1982; Nilsson, 1983; Нинова, Ганчева, 1984; Кулагин, 1985; Плюто, Пальчик, 1985; Беляева, Николаевский, 1987; Peanz et al., 1987; Лихолат и др., 1988; Закиров и др., 1990; Кулагин, 1990; Christodoulakis, Fasseans, 1990].

Ассимиляционный аппарат растений контактирует с промышленными газо-дымовыми выбросами, поэтому особенности строения листьев имеют большое значение в адаптации растений [Любинский, 1974; Васильев, 1984]. На пути проникновения загрязнителей в организм растения имеется ряд барьеров, а эпидермис и кутикула стоят в этом ряду [Cape, 1986; Karhu, Huttunen, 1986; Chamel, Gambonnet, 1988; Percy et al, 1990; Кравкина, 1991].

Отмечено, что "ивовые генетически приспособлены к избыточному увлажнению" [Смирнов, 1972, с. 121]. Однако ранее [Скворцов, 1961] указывалось о неверном представлении об ивах,

как крайне гигрофильных растениях. Ивы в защитных лесополосах в условиях сухой степи по засухоустойчивости не уступают тополю бальзамическому (*Populus balsamifera L.*) [Савельева, 1976]. А.У.Усманов [1973] считает, что ивы можно отнести к мезофитам. Действительно, ивы способны выносить большую сухость почвы, что В.Н.Сукачев [1952] связывал с наличием мощной, глубоко идущей корневой системы, которая со второго-третьего года после посадки черенков обеспечивает засухоустойчивость растений.

Выше были изложены материалы по устойчивости некоторых видов ив к действию загрязнителей. В настоящее время исчерпывающих ответов на вопросы о причинах различной устойчивости растений к промышленным загрязнителям нет. В связи с этим нами предпринята попытка объяснить факты устойчивости ив к экстремальным факторам посредством изучения их физиологоморфологических особенностей. Добавим, что исследование этой проблемы только на биохимическом и молекулярном уровне также не решает этой проблемы. Отмечается, что в экстремальных условиях произрастания, включая и техногенные, у растений происходят изменения, которые в целом носят характер ксероморфных изменений [Фролов, 1980; Лихолат и др., 1988]. В.С.Николаевский [1979] указывает, что ксерофитизация растений способствует их большей газоустойчивости.

Изучение анатомо-морфологических и физиолого-биохимических особенностей ив позволяет объяснить факты успешного произрастания отдельных видов в экстремальных лесорастительных условиях, факты устойчивости к промышленным загрязнителям. Вместе с тем при этом мы получаем основу для разработки мероприятий по комплексному использованию ивовых насаждений в защитном лесоразведении, сельском хозяйстве, фармацевтической промышленности.

Для экспериментального изучения особенностей водного режима и анатомии листьев ив использовался материал с 4-, 5-летних растений, произрастающих в Ботаническом саду (г. Уфа).

С целью объяснения феномена поселения и успешного произрастания ив на внепойменных минерализованных субстратах антропогенного происхождения, где ивы проявляют определенную засухоустойчивость, нами изучался водный режим. Водный режим характеризовался следующими показателями: обратимый водный дефицит листьев, утренний водный дефицит, полуденный водный

дефицит, транспирация листьев, зимняя водоудерживающая способность однолетних побегов [Цельникер, 1955; Острикова, 1966; Penka, 1967; Генкель, 1982; Elias, 1979; Garnier et al, 1988].

Для определения обратимого водного дефицита листья с черешком, предварительно взвешенные на торсионных весах марки ВТ, подсушивали в лабораторном помещении при температуре 20–25°C и относительной влажности воздуха 70–80% на рассеянном свету в течение 1–5 ч (листья располагались морфологически нижней поверхностью вверх). Затем листья взвешивали и помещали на 3 ч в эксикатор с водой. В эксикаторе листья, укрепленные черешками в плотике, восстанавливали потерянную воду. После этого листья, обсущенные фильтровальной бумагой, взвешивали в третий раз. Затем производился расчет веса потерянной и восстановленной воды в процентах к исходному весу листьев. Подобный метод применялся для определения засухоустойчивости древесных растений и в связи с газоустойчивостью [Сидорович, Гетко, 1979].

Утренний и полуденный водный дефицит листьев определяли по методу Ю.Л.Цельникер [1955]. Определения проводили в ясную погоду с 8⁰⁰ до 10⁰⁰ (температура окружающего воздуха в среднем 15,8°C) и с 12⁰⁰ до 14⁰⁰ (температура – 19,9°C); водонасыщение листьев проводили в эксикаторе на рассеянном свету в течение 1 ч.

Транспирация листьев определялась методом быстрого взвешивания на торсионных весах [Иванов и др., 1950] с последующим экспонированием на рассеянном свету в течение 3 мин и повторным взвешиванием. Расчет интенсивности транспирации производился в мг воды на 1 г сырых листьев за 1 ч (мг/г·ч).

Опыты по зимнему водному режиму и проводились с целью выявления видов, которые наиболее устойчивы к зимнему иссушению. Целесообразность проведения таких экспериментов связана с тем, что в зимнее время на отвалах нередко наблюдается ограниченное снегонакопление и общая низкая влагоемкость отвальных грунтов приводит к формированию весьма жестких для растений условий зимовки и весенней вегетации. Изучение динамики содержания воды проводили на однолетних побегах. За исходную была принята обводненность побегов в момент срезки их с растений. Начало опыта – декабрь, т. е. время, когда растения уже выходят из глубокого периода покоя [Сабинин, 1963]. Опытные побеги подвешивались над поверхностью снега на высоте 1–2 м на открытом воздухе; пробы побегов на обводненность и жизнеспособ-

ность брались через 15–30 дней. После определения первоначального веса побеги высушивались в термостате при 105°C. Обводненность рассчитывали по разнице веса до и после высушивания. Критерий жизнеспособности растений при определенном уровне обводненности – распускание листьев при помещении побегов в воду в лабораторном помещении. В качестве контрольных использовали побеги из крон растений.

Определение степени ксероморфности растений позволяет объяснить устойчивость к неблагоприятным факторам среды, в том числе и антропогенным [Оликер, 1965; Илькун, 1971; Нинова, Душкова, 1987].

Анатомические особенности листьев изучались с учетом известных методов [Воронин, 1953; Николаевский, 1979; Pataky, 1969] с помощью микроскопа (Amplival, Germany). Изменение толщины листа, верхнего и нижнего эпидермальных покровов проводилось при увеличении 7×40, подсчет числа устьиц в 1 мм² – при увеличении 15×40, суммарная длина жилок в мм на 1 см² – при увеличении 10×8. Использовались зрелые, нормально сформированные листья с 4-7-ю междуузлями с фиксацией в смеси этилового спирта и формалина. Просветление листовых пластинок осуществлялось хлорсодержащим раствором в течение 8–10 ч.

4.1. Особенности водного режима и анатомо-морфологического строения листьев некоторых видов ив

Утренний водный дефицит листьев (табл. 23) выражен у ивы белой, ивы козьей, ивы корзиночной и отсутствует у ивы шерстистопобеговой. К полудню водный дефицит несколько возрастает, и различия между видами сглаживаются: наиболее интенсивная транспирация утром отмечена у ивы белой, наименьшая – у ивы серой и ивы трехтычинковой; в полдень интенсивность транспирации ивы трехтычинковой (форма одноцветная) достигает максимальной величины в ряду изученных видов ив, а наименьшая потеря воды – у ивы серой; к вечеру транспирация у ивы шерстистопобеговой резко снижается, в то время как у других ив снижение транспирации незначительно (ива серая, ива козья) или даже отмечается повышение ее интенсивности (ива трехтычинковая фор-

ма двуцветная). Величины интенсивности транспирации и водного дефицита листьев ив согласуются с данными И.А.Смирнова [1972].

Водоудерживающая способность является показателем устойчивости растений к экстремальным факторам [Николаевский, 1979], показателем степени засухоустойчивости [Смирнов, 1972]. Опыты по обратимому водному дефициту листьев ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой (рис. 13) позволяют отметить лишь приблизительные различия между видами, в общем же листья ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой, вследствие морфологического сходства, по обратимому водному дефициту различаются слабо.

Таблица 23

Некоторые показатели водного режима листьев ив

Вид, форма	Утренний водный дефицит, %	Полуденный водный дефицит, %	Интенсивность транспирации, $mg/g\cdot\text{ч}$		
Время суток, ч	8.00-10.00	12.00-14.00	8.00-10.00	12.00-14.00	16.00-18.00
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	15,8	19,9	15,8	19,9	22,2
Ива корзиночная	4,05	—	865,59	1413,84	995,70
Ива шерстистопобеговая	0	—	1089,43	1685,44	874,14
Ива серая	1,85	6,31	666,49	1386,88	1178,0
Ива козья	4,47	4,84	1132,14	1498,33	1189,19
Ива трехтычинковая	3,29	6,65	712,22	2191,68	1766,09
ф. одноцветная					
Ива трехтычинковая	3,11	4,01	669,96	1762,66	1858,97
ф. двухцветная					
Ива белая	4,76	5,47	1373,0	2041,15	1493,43
Ива остролистная	2,43	4,73	1140,31	1672,22	1173,89

Ивы серая и козья успешно выдерживают 1-, 2-, 3-, 4-часовое подсушивание (см. рис. 13), что проявляется в восстановлении потерянной воды. Однако следует указать, что ива козья имеет несколько повышенную водоудерживающую способность.

Наличие воскового налета на нижней стороне листа позволяет считать форму двуцветную более ксероморфной в сравнении с формой одноцветной ивы трехтычинковой. В опытах по обратимому водному дефициту листьев (см. рис. 13) выявились относительная ксерофитность форм двуцветной. Двухчасовое подсушивание листья обеих форм перенесли успешно и восстановили водный дефицит. Трехчасовое подсушивание форма двухцветная переносит хорошо, а форма одноцветная не восстановила потерянную воду даже наполовину.

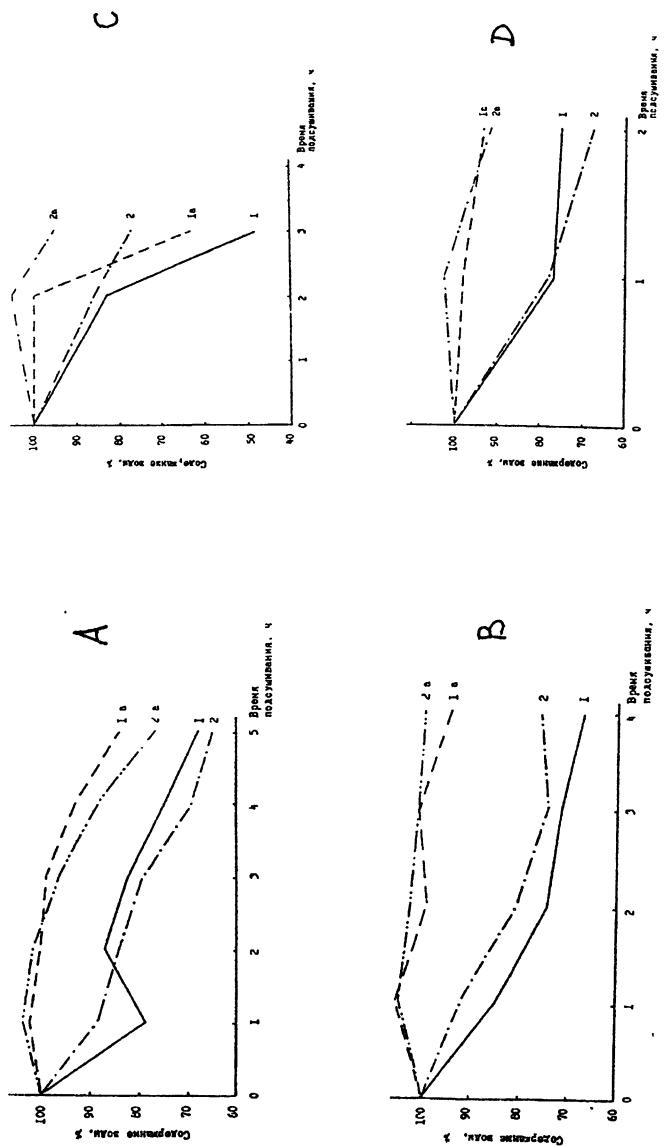


Рис.13. Динамика обезвоживания (1,2) и ликвидации волного лесфигита (1a, 2a) листьев ивы корзиночной (А – 1, 1a), ивы шерстистолобатой (А – 2, 2a), ивы серой (В – 1, 1a), ивы косой (В – 2, 2a), ивы трехтычинковой формы одноцветной (С – 1, 1a), ивы трехтычинковой формы двуцветной (С – 2, 2a), ивы белой (Д – 1, 1a) и ивы остролистной (Д – 2, 2a)

Ивы белая и остролистная незначительно различаются по обратимому водному дефициту листьев (см.рис. 13) между собой. Можно отметить, что при двухчасовом подсушивании листья ивы остролистной обезвоживаются в большей степени по сравнению с ивой белой.

В целом изученные виды и формы ив слабо различаются между собой по обратимому водному дефициту листьев.

Изучение зимней водоудерживающей способности побегов ив в определенной степени характеризует устойчивость к зимнему иссушению. Проведение сравнительной оценки в этом плане необходимо при использовании ив в фитомелиорации промышленных отвалов, которые в большинстве случаев характеризуются сильной промерзаемостью и низкой влагообеспеченностью. Опыты по зимней водоудерживающей способности однолетних побегов ив (табл. 24) показывают, что по содержанию воды, соответствующему порогу летального обезвоживания, ивы распределяются на три группы. Первая группа – ива корзиночная и форма двуцветная ивы трехтычинковой, для которых пороговое содержание воды было 10–15%. Вторая группа – ивы белая, козья, остролистная, форма одноцветная ивы трехтычинковой, для которых пороговое значение обводненности побегов составляет 25–30%. Третья группа – ива серая и шерстистопобеговая, для этих видов пороговое содержание воды и однолетних побегов находилось в пределах 30–40%. Отметим, что содержание воды в побегах вкроне растений (контроль) было стабильным с декабря до апреля, затем обводненность увеличивается, что связано с весенней активизацией растений. Следует указать, что пороговые значения содержания воды в побегах ивы белой и ивы серой отмечались в марте, в то время как у ивы остролистной, ивы козьей, формы одноцветной ивы трехтычинковой – в апреле. Однолетние побеги ивы корзиночной и формы двуцветной ивы трехтычинковой обладают большой жизнеспособностью, сильной водоудерживающей способностью и при высыщивании достигают порогового содержания воды (10–15%) в мае. Следовательно, разные виды ив в течение одного и того же периода теряют различное количество воды, что отмечается и для других древесных растений [Оликер, 1965].

Определение степени ксероморфности растений позволяет установить различия между видами и охарактеризовать их в сравнительном плане. Объем межклетников губчатой паренхимы листьев

Таблица 24

**Зимняя водоудерживающая способность однолетних побегов ив
(содержание воды, %)**

Вид, форма	15.12		15.02		15.03		15.04		30.04		30.05	
	начало опыта	срезан побеги	контроль									
Ива трехтычинковая	50,96	43,09	50,93	42,18	50,37	30,96	53,99	25,94	55,73	11,78	59,45	
Ф.одноцветная	50,19	45,80	49,22	43,28	50,83	48,74	53,88	40,62	55,63	13,59	56,73	
Ива трехтычинковая	49,73	29,44	48,36	26,48	50,14	17,50	53,50	11,97	52,07	12,67	60,64	
Ф.лавуцветная	46,74	36,95	46,57	36,72	48,96	27,10	52,96	20,70	52,33	9,42	53,43	
Ива белая	50,29	41,98	49,90	38,87	50,34	29,06	54,27	33,69	52,93	12,98	58,14	
Ива остролистная	51,19	45,54	51,50	46,23	51,45	47,86	54,71	37,84	53,99	19,57	60,82	
Ива корзиноточная	48,44	39,15	47,27	34,28	49,36	23,81	52,98	14,12	53,82	13,82	58,13	
Ива шерстистопобеговая	49,14	44,05	49,77	39,34	50,21	25,47	54,35	19,01	53,30	11,43	59,29	
Ива косьба												

При мечание 1) Подчеркнуто содержание (%), соответствующее порогу смертельного обезвоживания.

2) Начало вегетации ив – III декада апреля – I декада мая

("вентилируемость") В. С. Николаевский [1979] отмечает как показатель, дающий представление о газоустойчивости. При этом принимается, что больший объем межклетников определяет больший газообмен и, следовательно, большую повреждаемость листьев газами. Установлено (табл. 25), что наименьшая "вентилируемость" листьев у ивы корзиночной, а именно этот вид ивы является одним из самых газоустойчивых [Кулагин, 1983]. Ива трехтычинковая и ива белая имеют объем межклетников в два раза больший, чем у ивы корзиночной. Но при этом ива трехтычинковая достаточно газоустойчивая, чего нельзя сказать об иве белой. Различий в "вентилируемости" между близкими по систематическому положению [Скворцов, 1968] ивами корзиночной и шерстистопобеговой и ивами серой и козьей не наблюдается. В то же время отмечены достоверные различия по "вентилируемости" между формами ивы трехтычинковой. Следует указать, что есть зависимость газоустойчивости и "вентилируемости" на примере форм ивы трехтычинковой [Кулагин, 1981].

Полученные материалы по анатомии листьев ив (табл. 26) позволяют отметить ряд особенностей. Наибольшая толщина листа у ивы белой, близки к ней ивы остролистная, козья и серая. Наименьшей толщиной характеризуются листья ив шерстистопобеговой, корзиночной и трехтычинковой. Нет определенной связи толщины листа с его опущенностью или принадлежностью к виду пойменной или лесоболотной экологии.

Наиболее развит верхний эпидермис у ивы козьей, что соответствует ее способности успешно произрастать на водоразделах, чем в природных условиях не обладает ни один из остальных видов, у других видов ив толщина верхнего эпидермиса колеблется около 20 мкм. Нижний эпидермис у ивы трехтычинковой (форма двуцветная), ивы белой и ивы остролистной близок по толщине к верхнему эпидермису. Более тонкий нижний эпидермис по сравнению с верхним у ив корзиночной и шерстистопобеговой, серой, трехтычинковой (форма одноцветная). Наличие более тонкого нижнего эпидермиса у формы одноцветной ивы трехтычинковой по сравнению с формой двуцветной согласуется с фактами ее большей повреждаемости токсикантами.

Таблица 25

Объем межклетников хлоренхимы ("вентилируемости") листьев ив

Вид,форма	Вентилируемость,%	t	Достоверность различий, Р
Ива корзиночная	4,8±1,9		
Ива шерстистопобеговая	5,1±1,4	0,51	> 0,95
Ива серая	5,4±2,9		
Ива козья	5,9±3,6		
Ива трехтычинковая ф одноцветная	16,2±1,0	0,66	> 0,95
Ива трехтычинковая ф двуцветная	11,8±0,9		
Ива белая	10,6±1,5	3,39	0,99

Таблица 26

Некоторые особенности анатомического строения листьев ив

Формы и виды ив	Общая толщина листа, мкм	Толщина эпидермиса, мкм		Число устьиц на 1мм ² эпидермиса, шт		Суммарная длина жил на 1 см ² листовой верхности, мм
		верхнего	нижнего	верхнего	нижнего	
Ива корзиночная	140-160	13	12	нет	600-700	220-290
Ива шерстистопобеговая	130-140	16-18	10	нет	230-330	270-310
Ива серая	160-200	20-30	10-20	нет	200-300	220-310
Ива козья	180-200	40	20	нет	270-500	230-250
Ива трехтычинковая ф одноцветная	140-160	20	10	нет	170-330	310-440
Ива трехтычинковая ф двуцветная	160-180	20	18	нет	100-200	280-330
Ива белая	200-220	20	18-20	60-130	70-180	250-270
Ива остролистная	180-200	20	20	30-100	170-400	300-410

Дорзовентральное расположение устьиц отмечено на листьях ивы белой и ивы остролистной. Причем у ивы белой обилие устьиц на верхнем эпидермисе весьма близко к их обилию на нижнем эпидермисе, а у ивы остролистной – значительно меньше. Наибольшее обилие устьиц отмечается у ивы корзиночной, а наименьшее – у ивы белой.

Густота жилок наиболее высокая у ив остролистной и трехтычинковой, низкая – у ив корзиночной, серой и козьей.

Сопоставление количественных показателей по анатомическому строению листьев ив между собой показывает, что среди изученных видов нет ни одного, который можно было бы назвать ксероморфным или гигроморфным по всем признакам. Так, у ивы козьей отмечается наиболее мощный верхний эпидермис, высокое обилие устьиц, но малая густота жилок; у ивы корзиночной – максимум обилия устьиц, но низкая густота жилок и эпидермис средней толщины. У других видов ив столь резких колебаний нет, но согласованности между толщиной листа и эпидермиса, устойчивым аппаратом и жилкованием в плане ксеро- или гигрофитизации не наблюдается. Возможно, что причиной подобного явления выступает противоречивость экобиоморфы ив. Изученные виды ив в природе связаны с повышенно-увлажненными почвами и характеризуются высоким уровнем транспирации. Поэтому развитие жилок необходимо не только для хорошего обеспечения водой всех участков листа, но и для его механического укрепления, что очень важно при потере тургора. Устойчивый аппарат служит прежде всего для газообмена, но устьица также способствуют усиленной водоотдаче. Чрезмерная потеря воды для влаголюбивых видов опасна. Поэтому не случайно высокое обилие устьиц у ивы корзиночной и ивы козьей сочетается с густо опущенным нижним эпидермисом. У ивы белой и ивы остролистной устьица отмечаются как на верхнем, так и на нижнем эпидермисе, причем верхний и нижний эпидермисы равной толщины. Но у ивы белой густота жилок заметно меньше, чем у ивы остролистной. Это можно поставить в прямую связь с фактами произрастания ивы белой в высокой пойме, где она благодаря глубокой корневой системе обеспечивает себя водой из глубоких слоев почвогрунта; это согласуется с успешным произрастанием ивы белой в посадках вне речных пойм. Ива остролистная не имеет столь мощной корневой системы и ее засухоустойчивость неизбежно заключает ксероморфность листа, что и проявляется в большой густоте жилок.

Определение сравнительной устойчивости ив к действию различных загрязнителей (см. главу 2) показывает, что ива корзиночная наиболее газоустойчивая по отношению к окиси азота, хлору и сероводороду, а также более солеустойчивая (хлорид натрия). Как устойчивую к двуокиси серы следует отметить иву трехтычинковую. По устойчивости к действию водных растворов загрязнителей (серная и соляная кислоты, едкий натр, сульфит натрия) выделяет-

ся ива козья. Ивы белая, остролистная, серая в ряде случаев оказались крайне неустойчивыми к действию токсикантов.

На примере ивы корзиночной можно проследить связь между устойчивостью к загрязнителям и ксерофитностью листьев, выраженной в наибольшем числе устьиц, чем у других видов ив; для ивы козьей эта связь выражается в наибольшей толщине верхнего эпидермиса листьев; для ивы трехтычинковой – в наибольшей суммарной длине жилок на единице площади листовой поверхности. У ивы трехтычинковой и ивы корзиночной обнаруживается совмещение высокой устойчивости к промышленным загрязнителям и иссушающим факторам во время вегетации и зимовки.

Исследования показали, что более устойчивыми к действию гоксических соединений были такие виды ив, на листьях которых развиты дополнительные покровные образования в форме воскового налета, опушения, отмечаются признаки ксероморфизма в жилковании листьев и количестве устьиц. Вместе с тем для изучаемых видов ив невозможно обозначить универсальный механизм обеспечения устойчивости к загрязнителям.

Полученные данные по показателям водного режима, по особенностям строения листьев ив в ряде случаев согласуются с устойчивостью к загрязнителям. Но в целом устойчивость ив базируется на комплексе структур и свойств, в котором отдельные показатели в пределах листа связаны неоднозначно, что, несомненно, обусловливается полифункциональностью отдельных структур [Кулагин, 1985].

4.2. Особенности аминокислотного состава ив

Вопрос комплексного использования растений периодически получает освещение в научных публикациях. Согласно сводке И.В.Ларина с сотрудниками [1951] количественные показатели кормовой ценности таких растений, как клевер и люцерна, и ив различаются незначительно. Более того, содержание протеина и жира у ивы шерстистопобеговой выше (36,0% и 4,4%, соответственно), чем у клевера среднего (20,1% и 2,5%). Добавим, коэффициент перевариваемости однолетних облиственных ветвей ивы козьей для протеина составляет 38,6, жира – 41,3, клетчатки – 37,9.

Растения в целом и ивы в частности являются источниками различных веществ: аминокислот (в том числе и незаменимых),

витаминов, других биологически активных веществ [Barton, 1984; Palo, 1984; Wetzel et al, 1990]. Известно, что ивы поедаются дикими животными, а также используются на корм скоту в виде веточного корма [Ларин и др., 1951; Palo, 1984; Wetzel et al, 1990]. Отсюда следует, что ивы могут быть использованы в качестве компонента питания животных.

Анализ материалов по изучению аминокислотного состава листьев ив показывает, что данные носят разрозненный характер.

В данном разделе представлены сведения об аминокислотном составе листьев ив, материалы о содержании незаменимых аминокислот, сведения об изменениях в содержании аминокислот в листьях ив в условиях промышленного загрязнения и материалы по половому диморфизму ив.

4.2.1. Сравнительная характеристика аминокислотного состава листьев ив

Изучение содержания аминокислот в листьях ив показало, что различия между видами и формами весьма значительны (табл. 27).

Следует указать, что ни у одного из видов не было обнаружено всех (21) определяемых аминокислот. Наибольшее число аминокислот (20) установлено у ивы корзиночной, а наименьшее (16) – у форм двуцветной ивы трехтычинковой.

Информативным является суммарное содержание аминокислот в листьях. Здесь различия между видами ив выражены в большей степени. Так, аминокислот в листьях формы одноцветной ивы трехтычинковой 41,06 мг/100 г листьев, в то время как в листьях ивы пятитычинковой лишь 14,51 мг/100 г. В целом, по содержанию аминокислот ивы можно разделить на 3 группы: 1) в листьях аминокислот содержится не более 20 мг/100 г (ивы пятитычинковая, остролистная, шерстистопобеговая, белая); 2) в листьях аминокислот содержится 20–30 мг/100 г (ивы серая, трехтычинковая ф. двуцветная, козья, корзиночная, росистая); 3) в листьях аминокислот содержится более 30 мг/100 г (ива трехтычинковая ф. одноцветная).

Говоря о содержании отдельных аминокислот, следует отметить безусловное "лидерство" формы одноцветной ивы трехтычинковой. Именно в листьях формы одноцветной ивы трехтычинковой отмечается наибольшее содержание таких аминокислот, как аспа-

Содержание некоторых аминокислот в листьях ив (мг/100 г листьев)

Амино-кислоты	Ивы								росистая
	белая	трехтычинковая	остро-лиственная	корзи-ночная	шерстисто- побеговая	коzyя	серая	пятиты-чинковая	
Аспарагиновая	0,20	0,37	с.л.	с.л.	с.л.	с.л.	с.л.	с.л.	сл.
Тreonин	1,01	1,64	0,92	0,36	1,10	0,51	1,04	0,80	0,36
Серин	0,87	1,71	0,92	0,34	1,16	0,66	1,18	0,92	1,31
Аспартатин	с.л.	1,42	0,63	0,26	0,86	0,50	0,83	с.л.	1,06
Глутамин	0,55	0,69	0,44	0,55	1,01	0,33	1,06	0,84	1,13
Пролин	с.л.	1,76	—	с.л.	с.л.	с.л.	с.л.	с.л.	сл.
Глутаминовая	1,54	3,72	4,23	2,72	4,41	1,36	4,49	4,41	3,90
Глицин	0,49	0,98	0,54	0,21	0,58	0,38	0,51	0,23	0,21
Аланин	5,17	8,95	4,92	2,25	4,30	4,83	4,21	6,04	3,76
Валин	1,03	1,41	2,05	1,00	1,52	1,35	1,38	0,91	—
Цистин	—	—	5,17	4,93	—	4,99	3,10	1,14	5,48
Метионин	0,30	1,12	0,48	с.л.	0,41	с.л.	с.л.	с.л.	сл.
Изолейцин	0,66	1,61	0,56	0,49	0,62	0,72	0,52	0,75	0,16
Лейцин	1,48	4,00	1,48	0,85	1,48	1,41	1,28	0,69	0,82
Тирозин	0,86	2,85	0,72	0,54	1,13	1,17	1,17	0,86	с.л.
Фенилаланин	0,91	2,52	0,66	0,66	0,95	0,95	0,83	0,45	с.л.
γ-аминомасляная	2,06	3,94	0,64	0,90	4,05	2,86	1,21	0,88	2,01
Орнитин	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лизин	0,55	1,17	0,40	с.л.	0,26	0,44	с.л.	с.л.	с.л.
Гистидин	с.л.	—	—	с.л.	—	—	с.л.	—	—
Аргинин	с.л.	1,13	—	—	—	—	—	—	—
Содержание аминокислот	17,68	41,06	20,29	16,3	29,68	17,48	24,71	20,04	14,51
Количество аминокислот	19	18	16	18	20	17	19	18	18

Примечание: Полчеркнуто наибольшее содержание отдельных аминокислот; "—" – кислоты не определяются
"сл." – определение содержания кислот в следовых количествах;

рагиновая, треонин, серин, аспарагин, пролин, глицин, аланин, метионин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин, γ -аминомасляная, а также лизин, аргинин (табл. 27). В то же время в листьях формы двуцветной ивы трехтычинковой обнаружено наибольшее содержание глутаминовой кислоты и валина, в листьях ивы росистой – глутамина и цистина.

4.2.2. О содержании незаменимых аминокислот в листьях ив

Вопрос о расширении кормовой базы животноводства предполагает широкое использование веточного корма. Однако об исключительной кормовой ценности говорить не приходится в силу высокого содержания клетчатки и низких кормовых качеств [Ларин и др., 1951]. Тем не менее, в критический период использование древесных растений в качестве корма становится необходимостью. В этом случае практическая деятельность должна строиться с расчетом наибольшей пользы животноводству и минимального ущерба для лесных насаждений.

Использование для этих целей различных видов ив целесообразно в связи с высокими темпами роста надземной массы [Косоуров и др., 1986], выраженными регенерационными способностями [Кулагин, 1991].

Для животного организма незаменимыми аминокислотами являются триптофан, фенилаланин, метионин, лизин, валин, треонин, изолейцин, лейцин, аргинин и гистидин [Ленинджер, 1976].

Характеризуя в плане содержания незаменимых аминокислот некоторые виды ив, следует отметить, что между видами и формами существуют различия (табл. 28).

По массе аминокислот (суммарное содержание) ивы располагаются в следующий ряд по степени снижения: ива трехтычинковая ф. одноцветная – ива корзиночная – ива козья – ива трехтычинковая ф. двуцветная – ива белая – ива шерстистопобеговая – ива остролистная.

Однако ряд ив, составленный по данным содержания незаменимых аминокислот, имеет иной вид: ива трехтычинковая ф. одноцветная – ива трехтычинковая ф. двухцветная – ива корзиночная – ива белая – ива шерстистопобеговая – ива козья – ива остролистная.

**Содержание свободных аминокислот в листьях некоторых видов ив
(мг/100 г сырья)**

Показатели	Ивы						Козья ковыль
	белая	ф. однолистовая	трехтычинковая	остролистная	корзиночная	шерстистолистовая	
Масса аминокислот	17,68	41,06	20,29	16,30	29,68	17,48	24,71
Масса незаменимых аминокислот	5,94	14,60	6,55	3,36	6,34	5,38	5,05
В том числе:							
треонин	1,01	1,64	0,92	0,36	1,10	0,51	1,04
валин	1,03	1,41	2,05	1,00	1,52	1,35	1,38
метионин	0,30	1,12	0,48	с.л.	0,41	с.л.	с.л.
изолейцин	0,66	1,61	0,56	0,49	0,61	0,72	0,52
лейцин	1,48	4,00	1,48	0,85	1,48	1,41	1,28
фенилаланин	0,91	2,52	0,66	0,66	0,95	0,95	0,83
лизин	0,55	1,17	0,40	с.л.	0,26	0,44	с.л.
гистидин	с.л.	—	—	—	с.л.	—	—
аргинин	с.л.	1,13	—	—	с.л.	—	с.л.
Содержание незаменимых аминокислот от общего их количества, %	33,6	33,6	32,3	20,6	21,4	30,8	20,4

П р и м е ч а н и е . Подчеркнуто наибольшее содержание отдельных аминокислот

В случае фенольного загрязнения у ивы шерстистопобеговой и ивы белой наблюдается снижение содержания аланина в 2–4 раза по сравнению с контролем, что свидетельствует о наличии репарационных процессов, альтернативных "аланинному эффекту" [Тарчевский И. А., 1964]

Таблица 29

Содержание свободных аминокислот в листьях (*мг/100 г листьев*) ив, произрастающих в Ботаническом саду (К) и в условиях фенольного загрязнения Стерлитамакского промышленного узла (Ф)

Аминокислоты	Ивы							
	белая		корзиночная		шерстистопобеговая		козья	
	Ф	К	Ф	К	Ф	К	Ф	К
Аспарагиновая кислота	0,20	0,27	сл	–	сл	–	сл	0,27
Тreonин	1,01	2,14	1,10	0,80	0,51	1,13	1,04	0,74
Серин	0,87	3,70	1,16	1,05	0,66	1,42	1,18	0,74
Аспарагин	сл.	0,35	0,86	2,31	0,50	3,76	0,83	сл.
Глутамин	0,55	3,65	1,02	2,41	0,33	3,69	1,06	0,80
Пролин	сл	3,57	сл	сл	сл	0,64	сл	сл
Глутаминовая кислота	1,54	9,09	4,41	3,47	1,36	7,14	4,49	2,17
Глицин	0,49	0,49	0,58	0,23	0,38	0,36	0,51	0,23
Аланин	5,17	4,72	4,30	3,07	4,83	3,81	4,21	3,61
Валин	1,03	2,96	1,52	1,32	1,35	2,43	1,38	1,61
Цистин	–	9,25	4,93	3,10	–	–	4,99	–
Метионин	0,30	1,64	0,41	сл	сл	сл	сл	сл.
Изолейцин	0,66	1,64	0,62	0,52	0,72	1,18	0,52	0,49
Лейцин	1,48	1,61	1,48	0,62	1,41	1,28	1,28	0,98
Тирозин	0,86	1,95	1,13	0,36	1,18	сл.	1,18	0,36
Фенилаланин	0,91	1,73	0,95	0,45	0,95	сл	0,83	0,54
γ-аминомас-ляная кислота	2,06	3,94	4,95	0,85	2,86	2,01	1,21	0,70
Орнитин	–	–	–	–	–	–	–	–
Лизин	0,55	0,99	0,26	сл.	0,44	0,40	сл	0,33
Гистидин	сл	сл	сл	–	–	–	–	–
Аргинин	сл	1,31	сл	сл	–	сл	сл.	сл.

П р и м е ч а н и е "сл" – аминокислота определяется в следовых количествах, "–" – аминокислота не определяется.

Полученные данные свидетельствуют о неоднозначности изменений в аминокислотном обмене растений в условиях промышленного загрязнения, о необходимости учета видоспецифичности при регистрации негативного действия загрязнителей и при подборе устойчивых пород для защиты лесонасаждений.

4.2.4. Половой диморфизм и особенности содержания аминокислот в листьях

Быстрорастущие ивы пойменной экологии (ива трехтычинковая, ива белая) и лесоболотная ива серая в целом показали себя весьма устойчивыми к промышленным загрязнителям. Показано, что устойчивость растений к загрязнителям связана с содержанием аминокислот [Тарабрин, Игнатенко, 1987; Игнатенко, Тарабрин, 1989].

Установлено, что в листьях растений женского пола ивы трехтычинковой высокое содержание аланина (32,5% от суммарного содержания аминокислот), метионина (6,7%), γ -аминомасляной кислоты (11,5%) и растения более устойчивы к NO_x , SO_2 , Cl_2 , в то время как у мужского пола ивы трехтычинковой отмечено высокое содержание глутаминовой кислоты (24,3%), аланина (24,3%) в листьях и большая устойчивость при фумигации к NH_3 (табл. 30).

Содержание аланина и γ -аминомасляной кислоты составляет 25,3% и 5,9% для листьев женского пола и 29,2 % и 11,7 % для мужского пола ивы белой соответственно. Растения женского пола были более устойчивы к SO_2 , а мужского – к H_2S , NH_3 .

Т а б л и ц а 3 0

Содержание свободных аминокислот и сравнительная устойчивость мужских (М) и женских (Ж) растений ив (по данным листовой диагностики)

Ивы	Сравнительная устойчивость к загрязнителям					Суммарное содержание аминокислот, мг/г сыр.веса	
	NO_x	SO_2	Cl_2	H_2S	NH_3	M	
Трехтычинковая	M<Ж	M<Ж	M<Ж	M=Ж	M>Ж	M	0,203
						Ж	0,299
Белая	M=Ж	M<Ж	M<Ж	M>Ж	M>Ж	M	0,177
						Ж	0,297
Серая	M=Ж	M=Ж	M<Ж	M>Ж	M<Ж	M	0,200
						Ж	0,266

В листьях растений женского пола ивы серой отмечается самое высокое содержание аланина (38,8% от суммарного содержания аминокислот), весьма высокий уровень содержания γ -аминомасляной кислоты (26%); фумигация Cl_2 , NH_3 действует в меньшей степени. Содержание аланина и глутаминовой кислоты в листьях мужских растений ивы серой было самым высоким (30,1 и

22,0% соответственно), а сами листья в меньшей степени повреждались при фумигации H_2S .

Установлено, что в листьях женского пола ивы трехтычинковой, ивы белой, ивы серой более высокое, по сравнению с мужскими, содержание свободных аминокислот. Женские растения в меньшей степени повреждаются такими высокотоксичными загрязнителями, как NO_x , SO_2 , Cl_2 . Это может быть связано с высоким содержанием аланина и γ -аминомасляной кислоты [Kulagin, 1990]. Растения мужского пола упомянутых видов ив характеризуются высоким содержанием аланина и глутаминовой кислоты.

Характеризуя особенности аминокислотного состава листьев ив, необходимо отметить следующее.

1. Виды и формы ив значительно отличаются между собой по уровню содержания аминокислот. В листьях формы одноцветной ивы трехтычинковой содержится наибольшее количество аминокислот на единицу массы.

2. Содержание незаменимых аминокислот в листьях ив варьирует. Наибольшее количество таких незаменимых кислот, как треонин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин, аргинин, содержится в листьях формы одноцветной ивы трехтычинковой; наибольшее содержание валина отмечено в листьях формы двухцветной ивы трехтычинковой. Следует отметить, что у изученных видов ив не установлено значимое содержание незаменимой аминокислоты гистидина.

3. Установлены изменения в содержании аминокислот в условиях загрязнения окружающей среды. У ив белой и шерстистопобеговой отмечено увеличение содержания аминокислот в условиях загрязнения. Однако reparационные процессы у ив происходят по путям, альтернативным известному "аланинному эффекту".

4. Установлено, что листья ивы трехтычинковой, ивы белой, ивы серой женского пола характеризуются более высоким содержанием свободных аминокислот; они в меньшей степени повреждаются загрязнителями (NO_x , SO_2 , Cl_2). Это может быть связано с высоким содержанием аланина и γ -аминомасляной кислоты.

4.3. Содержание танидов в коре некоторых видов ив

Одним из фактов, который привлекает внимание к ивам, является содержание в коре этих растений ряда ценных соедине-

ний. В их числе – таниды, широко используемые как дубители. Поиск и формирование сырьевой базы для получения высококачественных, экологически чистых природных дубителей – одна из задач ресурсоведения. Несмотря на наличие специализированного дубильного сырья с повышенным содержанием танидов – тарана дубильного, щавеля Рехингера, щавеля тяньшанского и некоторых других [Гонтарь, 1973], – предприятия кожевенной и пищевой промышленности не обеспечиваются этим ценным техническим продуктом. Вместе с тем потребности в дубильных соединениях возрастают в связи с расширением сферы их применения. Так, на основе танина в заводских масштабах получают препараты танальбин и теальбин, которые применяются при желудочно-кишечных заболеваниях в качестве антисептического средства [Гаммерман, 1967].

В течение длительного времени дубильные вещества рассматривались как аморфные соединения, которые обладают вяжущим вкусом и характеризуются способностью осаждать коллоидные растворы белков и образовывать нерастворимые осадки с алкалоидами и солями тяжелых металлов. Таниды представляют собой группу сложных высокомолекулярных соединений, к которой относятся различные по структуре полифенолы [Курсанов, 1941, 1947; Гончаров, 1958]. В настоящее время к танидам принято относить природные соединения высокого молекулярного веса (от 500 до 3 000) с большим числом фенольных оксигрупп, обуславливающих образование прочных связей с молекулами белков и другими макромолекулами [Алюкина, 1977]. Простейшие дубильные вещества представляют собой полифенолы, фенолокислоты и продукты их соединения с углеводами, более сложные дубильные вещества являются продуктами конденсации полифенолов (катехинов) и их производных [Лир, Польстер, Фидлер, 1974].

Таниды обнаружены у многих видов растений, но не во всех они накапливаются в количествах, необходимых для промышленного использования. Наиболее богаты танидами виды тропической растительности. В нашей стране таниды содержатся в растениях таких семейств, как Ивовые, Березовые, Буковые, Гречишные, Розовые, Вересковые, Камнеломковые [Растительные ресурсы СССР, 1986].

Местом локализации танидов могут служить самые разные части растений: стебли, листья, древесина, кора, цветки, плоды,

семена. У одних растений таниды в основном накапливаются в листьях (чай, сумах, скумпия), у других – в корнях (ревень, таран, щавель, кермек), у третьих – в коре и древесине (ивы, дуб, ель, береза). Причем отмечается, что таниды откладываются только в паренхимных тканях вегетативных органов, в стеблях они обнаружены в пробке, лубяной паренхиме, радиальных лучах и мелких клетках сердцевины. Анатомические исследования показали, что таниды могут заполнять не только полости клеток, но и пропитывать их оболочки [Первухин, 1963; Смалюкас, 1967].

Таниды ивового корня относятся к числу лучших дубителей. К числу ценных свойств ивовых танидов относятся их способность к быстрой диффузии в кожевенное голье и равномерный прокрас кожевой ткани. Кроме того, ивовые таниды даже в небольших количествах способны ускорять диффузию других, медленно проникающих в кожевенное голье, дубильных веществ.

Динамика накопления танидов в коре зависит от их местообитания, почвенных и агротехнических условий, возраста и фенологических фаз развития [Смалюкас, 1967; Хлонов и др., 1975; Шабуров, Беляева, 1981; Кузьмин и др., 1986; Парфенов, Мазан, 1986; Бормотов, 1989].

Уровень накопления танидов в коре ив различается. На юге Западно-Сибирской равнины отличается: 9,8% – ива трехтычинковая, 9,0% – ива белая, 8,7% – ива корзиночная, 8,1% – ива пятитычинковая, 7,6% – ива серая, 7,1% – ива шерстистопобеговая [Хлонов и др., 1975]. В условиях Северного Прикаспия: 9,8% – ива пятитычинковая, 9,6% – ива корзиночная, 7,5% – ива трехтычинковая, 6,0% – ива серая, 4,7% – ива белая [Неверова, 1971]. В пойме среднего и нижнего течения р. Урал: 4,6–19,8% – ива трехтычинковая, 9,2–11,1% – ива серая, 3,7% – ива белая [Неверова, 1969]. В пойме нижней Волги: 9,1–17,2% – ива трехтычинковая, 5,0–6,5% – ива пятитычинковая, до 10% – ива белая [Беляков и др., 1929]. В сводке А.М. Якадина и Б.А. Егорова [1969] выделены виды ив, которые содержат наибольшее количество дубильных веществ в коре: ива козья – до 16% танидов (доброта 64%), ива серая – до 17% (61%), ива трехтычинковая – до 16 (60%), ива корзиночная – до 16% (58%), ива шерстистопобеговая – до 13% (57%), ива мирзинолистная – до 13% (50%), ива филиколистная – до 15%, ива пятитычинковая – до 10% (50%), ива белая – до 11% танидов.

Имеются сведения о содержании танидов в коре ив растений мужского и женского пола. Так, по данным Л.А.Неверовой [1971] танидность коры у женских растений ивы белой, ивы остролистной, ивы пурпурной, растущих в окрестностях г. Уральска, в 4–7 раз выше, чем у мужских. По данным Г.Н.Субоча [1985] содержание дубильных веществ в коре мужских и женских растений ивы козьей варьирует в пределах 7,9–12,7% у мужских и 8,3–12,8% у женских. Таким образом, вопрос содержания танидов в коре ив мужского и женского пола остается неясным и требуется проведение дополнительных исследований.

На уровень содержания танидов в растениях большое влияние оказывают почвенные условия [Первухин, 1963]. Ивы, произрастающие на пойменных лугах, богаче танидами, чем ивы, растущие на болотах и торфяниках. Богатая илисто-песчаная почва лучше способствуют накоплению танидов в коре ив, чем плотная глинистая почва. У ив, растущих на песках, не только небольшое содержание танидов, но и низкая их доброкачественность [Якадин, Егоров, 1969].

При изучении динамики накопления танидов в коре ив, произрастающих в долине р. Или (Казахстан), установлено [Михайлова, 1968], что у ивы корзиночной, ивы джунгарской и ивы Вильгельмсвской содержание танидов с июля по сентябрь повышается на 2–5%, одновременно увеличивается доброкачественность. В условиях нижней Волги (г. Саратов) в коре ивы трехтычинковой повышение танидности начинается с середине мая, когда освободившиеся из-под воды ивы начинают цвети и распускают листья (13,2%), а к концу вегетационного периода, начиная с августа, содержание танидов начинает падать (10,5%). Максимум содержания дубильных веществ в коре находится на период спада воды, когда ивы отцвели и развили вегетативные части (16,2%), этот период совпадает с началом июля. В состоянии зимнего покоя содержание танидов понижается до минимума [Левицкий, 1965].

Количество танидов у большинства дубильных растений увеличивается до определенного возраста, разного для каждого вида. Так, например, кора ели в возрасте 40–100 лет содержит значительно больше танидов, чем в возрасте 20–30 или 120–150 лет. В коре акции серебристой содержание дубильных веществ с возрастом повышается. Что касается ивы, то большинство авторов придерживаются мнения, что содержание танидов в коре с возрастом

[Якадин, Егоров, 1969; Хлонов и др., 1975] снижается. Отмечается выраженная тенденция к снижению количества танидов в коре ивы козьей по мере старения дерева: наиболее интенсивное накопление дубильных веществ происходит в первые 10–15 лет жизни, к 20–25 годам количество их снижается на 15–20%, а наиболее низкое содержание танидов отмечается у деревьев 30 лет и старше [Субоч, 1985]. Сходная картина описана Е.Х.Виленским [1941] для ивы белой.

О значении танидов для растений существует много противоречивых мнений, обсуждается вопрос об их защитной роли [Шлыков, 1932; Чевредини, 1965]. Изучалось содержание танидов в листьях ряда видов ив при повреждении их листоедами [Рогинская, Красинская, 1986]. Отмечается, что листья, в которых уровень содержания танидов был более высокий, в меньшей степени повреждались насекомыми. Установлено, что содержание танидов в пределах 21–40% было в листьях ив мирзинолистной, корзиночной, пятитычинковой, филиколистной; 12,3–13% – в листьях ивы серой и ивы козьей; 5,6% – в листьях ивы шерстистопобеговой.

Количественное содержание танидов в коре ивы связано с видовой и половой принадлежностью, почвенно-климатическими условиями произрастания, возрастом растений, сезонной изменчивостью [Неверова, 1969; Парфенов, Мазан, 1986; Растительные ресурсы СССР, 1986; Бормотов, 1989; Субоч, 1988]. Однако данных о содержании танидов в коре ивы цельнолистной и ивы кангинской не отмечается, а данные по содержанию танидов в коре ивы трехтычинковой рассматриваются [Парфенов, Мазан, 1986] без учета половой принадлежности растений. Исследовалась сезонная динамика содержания танидов в коре местных и индуцированных видов и форм ив с учетом половой принадлежности растений.

При обработке числового материала для видов и форм ивы, представленных мужскими и женскими растениями, рассчитывали средний уровень содержания танидов. Полученные данные по сезонной динамике содержания танидов в коре исследованных видов ивы представлены в табл. 31. Максимальное содержание танидов у отдельных видов отмечено весной и поздней осенью, у других – только осенью, минимальное у всех видов – летом. Значительное снижение содержания танидов в июле отмечено у ивы трехтычинковой (форма одноцветная), хвостатой, Шверина, Мийаба, цельнолистной, кангинской. Среди исследованных видов ив наиболее вы-

соким содержанием танидов в течение вегетации в коре побегов выделяются ивы: трехтычинковая форма двуцветная (10,5–15,4%), трехтычинковая форма одноцветная (6,2–15,7%), ушастая (10,1–15,2%), корзиночная (11,1–13,7%). Минимальное содержание танидов отмечено в коре ивы ломкой 3,2–5,5%. Установлено, что в условиях Предуралья в коре ивы хвостатой содержание танидов составляет 5,5–12,9%, ивы кангинской – 3,3–10,4%, ивы удской – 8,8–10,6%, ивы цельнолистной – 4,4–10,4%. Сезонные изменения в содержании танидов в коре ив в целом согласуются с данными В.И.Шабурова и И.В.Беляевой [1981], Г.Н.Субоча [1988]. Пони-

Таблица 31

Динамика содержания танидов в коре 3-4-летних ветвей некоторых видов р. *Salix*
(в % от массы сухой коры)

Вид, форма ивы	Сроки сбора образцов,			
	IV 2-я декада	VII 1-я декада	VIII 3-я декада	X 2-я декада
	Фаза сезонного развития			
	вегетация-набухание и распускание почек	вегетация-активный рост	окончание вегетации-начало осенней раскраски листьев	массовый листопад и полное опадение листьев
Остролистная	6,2±0,41	4,9±0,22	4,4±0,31	5,7±0,2
Белая	6,6±0,24	4,5±0,25	6,3±0,33	6,8±0,26
Ушастая	15,2±0,52	10,7±0,21	10,1±0,40	12,5±0,58
Хвостатая	11,4±0,21	5,5±0,21	8,8±0,40	12,9±0,40
Серая	7,7±0,36	8,8±0,21	9,0±0,39	9,7±0,21
Шерстистопобеговая	4,8±0,25	3,9±0,19	7,8±0,31	6,7±0,19
Ломкая	3,3±0,21	3,2±0,21	5,3±0,10	5,4±0,20
Цельнолистная	9,6±0,41	4,4±0,12	6,1±0,18	10,4±0,31
Кангинская	7,6±0,10	3,3±0,20	4,4±0,18	7,5±0,35
Мийба	8,7±0,29	3,9±0,10	5,3±0,31	7,8±0,40
Мирзинолистная	8,4±0,49	7,5±0,33	9,9±0,36	10,7±0,31
Пьеро	3,8±0,18	3,7±0,20	6,0±0,31	6,5±0,10
Пурпурная	8,1±0,40	5,0±0,24	5,2±0,27	9,2±0,10
Шверина	8,0±0,27	4,2±0,30	7,5±0,39	7,9±0,27
Трехтычинковая	12,3±0,39	6,2±0,33	15,4±0,24	15,7±0,53
ф. одноцветная				
Трехтычинковая	15,2±0,60	10,5±0,33	12,1±0,54	15,4±0,23
ф. двуцветная				
Удская	10,3±0,43	8,8±0,22	9,0±0,28	10,6±0,10
Корзиночная	11,9±0,54	11,1±0,41	13,7±0,52	13,6±0,37

женное, по сравнению с литературными данными, содержание танидов в коре ивы серой, очевидно, связано с произрастанием исследуемых растений в условиях водораздела, что не является оптимальным для данного вида.

Содержание танидов в коре 3-, 4-летних ветвей в зависимости от полового диморфизма растений исследовали у шести видов и двух форм ивы (табл. 32). Установлено, что у особей женского пола пяти исследуемых нами видов ивы (белой, серой, шерстистопобеговой, трехтычинковой ф. одноцветной, прутовидной) наблюдается более высокое содержание танидов в коре по сравнению с таковым у особей мужского пола. Отмечается относительное стабильное и высокое содержание танидов в течение вегетационного периода в коре ивы трехтычинковой ф. двуцветной мужского пола. У ивы остролистной различия в содержании танидов в связи с половым диморфизмом не проявляются. У мужских и женских растений исследованных видов ив наблюдается сходство в сезонной динамике содержания танидов.

Т а б л и ц а 3 2

Динамика содержания танидов в коре 3-4-летних ветвей ив мужского (М) и женского (Ж) пола (в % от массы сухой коры)

Вид, форма ивы	Пол	Сроки сбора образцов, месяц			
		IV 2-я декада	VII 1-я декада	VIII 3-я декада	X 2-я декада
Остролистная	М	6,3±0,41	5,0±0,16	4,7±0,41	5,1±0,22
	Ж	6,1±0,42	4,8±0,28	4,2±0,21	6,2±0,23
Белая	М	6,0±0,22	4,3±0,31	6,3±0,45	6,0±0,35
	Ж	7,2±0,25	4,7±0,20	6,3±0,21	7,5±0,18
Серая	М	7,0±0,36	8,0±0,21	8,3±0,35	9,6±0,32
	Ж	8,5±0,17	9,0±0,35	9,6±0,42	9,8±0,16
Шерстистопобеговая	М	4,8±0,23	3,8±0,21	7,5±0,36	6,9±0,27
	Ж	4,7±0,24	4,0±0,17	7,8±0,27	8,5±0,16
Трехтычинковая ф. одноцветная	М	12,3±0,37	6,1±0,21	14,8±0,11	14,9±0,40
	Ж	12,4±0,42	6,3±0,25	16,5±0,37	16,4±0,61
Трехтычинковая ф. двуцветная	М	15,6±0,60	10,5±0,21	12,6±0,36	15,8±0,10
	Ж	14,8±0,45	10,5±0,45	11,6±0,42	14,9±0,41
Корзиночная	М	10,9±0,55	10,8±0,36	13,2±0,45	13,5±0,27
	Ж	12,8±0,53	11,4±0,46	14,1±0,60	13,8±0,47

П р и м е ч а н и е . Фазы сезонного развития растений приведены в табл. 31

В порядке обобщения отметим, что исследование содержания танидов в коре 3-, 4-летних ветвей ряда видов ив в условиях Башкирского Предуралья показало, что в период активной вегетации содержание танидов снижается. К числу наиболее перспективных в качестве танидоносов следует отнести иву трехтычинковую (ф. одноцветная и ф. двуцветная), корзиночную, ушастую, удскую, хвостатую, серую, миризинолистную, цельнолистную.

Установлено, что у ивы белой, ивы серой, ивы шерстистопобеговой, ивы трехтычинковой (ф. одноцветная), ивы корзиночной в коре женских растений содержание танидов выше, чем у мужских. Наиболее высокое и стабильное в течение вегетационного периода содержание танидов было отмечено в коре ивы трехтычинковой формы двуцветной мужского пола и ивы корзиночной (мужского и женского пола). Установлено снижение содержания дубильных веществ в коре ив в период активной вегетации, что необходимо учитывать при промышленных заготовках коры.

В целом ивы характеризуются значительными различиями в морро-функциональной организации. Изучение особенностей анатомического строения и особенностей водного режима позволяет отметить, что ивы несут черты ксероморфизма и гигроморфизма. Выявлена сложная и неоднозначная динамика содержания аминокислот и танидов местных и интродуцированных ив, при этом отмечаются значительные межвидовые отличия. Биологические особенности ив связаны с экологической видоспецифичностью и адаптациогенезом ив.

Полученные материалы по содержанию незаменимых аминокислот и танинов в листьях и коре местных и интродуцированных ив с учетом регенерационных особенностей ив дают основание для разработки вопроса о создании и комплексном использовании ивовых насаждений.

Глава 5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВИДОСПЕЦИФИЧНОСТЬ И АДАПТАЦИОГЕНЕЗ ИВОВЫХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевая роль в сохранении экологического равновесия в условиях антропогенного пресса принадлежит лесным экосистемам. Изучение эколого-биологических особенностей видов древесных растений, характеристика феноменов устойчивости к экстремальным факторам и установление причинно-следственных связей различных уровней организации живых систем неизбежно приводит к обсуждению проблемы адаптации, проблемы эволюции [Григорьев, 1974; Кириченко, 1984; Шкорбатов, 1986; Augros, Stanciu, 1987; Шилов, 1988; Sluys, 1988; Жукова, Комаров, 1990; Katschnelinboigen, 1991]. Одним из ключевых звеньев в обеспечении адаптации к экстремальным факторам является полиморфизм [Антипов, 1974; Кулагин, 1985; Новоженов, 1989].

Приспособление растений к различным условиям произрастания происходит за счет пластичности в росте и развитии [Мазуренко, Хохряков, 1983; Истомина и др., 1987] основанной на генетическом, экологическом и физиологическом потенциале [Тихомиров, 1973; Кулагин, 1980; Куликов, 1987; Beurton, 1995]. Важную роль в процессе приспособления играют особенности структуры и функционирования листьев растений [Smith, 1981].

Особое место в проблеме адаптации растений занимают вопросы устойчивости растений к техногенным факторам. При этом очевидно, что на первых этапах ведущая роль принадлежит предадаптациям и постадаптациям [Кулагин, 1974, 1980, 1985; Тарабрин и др., 1986]. Однако вследствие при длительном воздействии промышленных загрязнителей у растений формируется система специализированных приспособлений на физиолого-bioхимическом уровне [Николаевский, 1979], и приспособления эти находятся в неразрывной связи как между собой, так и с пост- и предадаптациями.

Многократно подчеркивается неразрывность структурно-функциональной адаптации растений к экстремальным природным и техногенным факторам, подчеркивается необходимость учета видовых особенностей растений [Николаевский, 1979; Рачков-

ский, 1981; Алексеев, 1982; Кайрюкштис, Скуодене, 1984; Плuto, Пальчик, 1985; Mazer, 1987; Ильминских, 1988; Kulagin, 1990; Babushkina, Guseva, 1992; Кулагин, 1994].

Вопросы адаптации ивовых к различным условиям произрастания обсуждались в связи с особенностями распространения [Скворцов, 1968; Кулагин, 1982; Olavi, Ase, 1990] и роста [Koki, Tomochika, 1964; Анциферов, 1984], исключительной способностью к вегетативному размножению [Шелл, 1877; Скворцов, 1968], устойчивостью к природным и техногенным факторам [Антипов, 1979; Кулагин, 1981, 1982, 1990].

Сравнительная экологическая оценка и определение характера распространения ив различных экотопов позволяют произвести некоторые обобщения по поводу связи ивовых группировок с механическим составом почвы и степенью проточности почвенно-грунтовых вод. Показано (рис. 15), что ива трехтычинковая произрастает на почвах различного механического состава, в то время

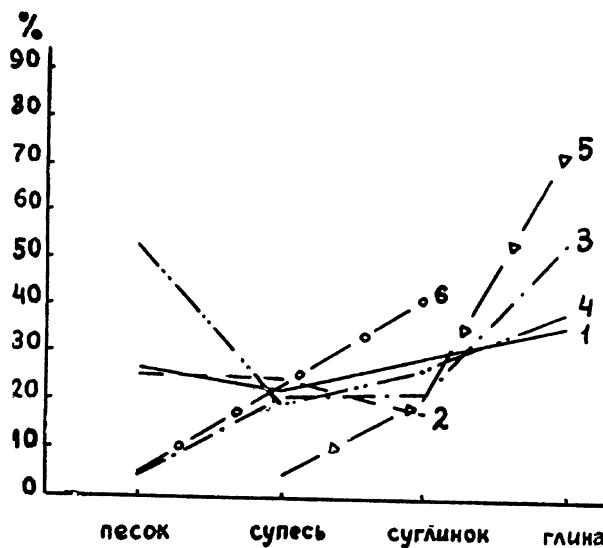


Рис.15. Доля участия ив (%) в составе группировок древесной растительности, произрастающих на почвах различного механического состава (1 – ива трехтычинковая, 2 – ива белая, 3 – ива корзиночная, 4 – ива шерстистопобеговая, 5 – ива козья, 6 – ива серая)

как ива белая не встречается на тяжелых глинистых почвах. Ива козья и серая тяготеют к тяжелым субстратам, при этом последняя занимает глинистые почвы. Характерно, что на супесях доля участия изученных ив колеблется в пределах 20–25%. Вероятно, именно на супесчаных почвах идет основная конкурентная борьба между ивами, в особенности пойменными, так как супесь – это сосредоточение оптимальных условий увлажнения, аэрации, минерального питания.

Проточность почвенно-грунтовых вод влияет на видовой состав ив (табл. 33). В ряду уменьшения проточности ивы уступают место в доминировании следующим образом: трехтычинковая – пятитычинковая – серая – козья. Ивы составляют пойменную (трехтычинковая, шерстистопобеговая, белая, корзиночная) и лесоболотную (мирзинолистная, пятитычинковая, ушастая, грушанколистная, серая, козья) фитоценотические группы. Ивы этих фитоценотических групп произрастают совместно по опушкам сероольшанников (8 и 9 ступени уменьшения проточности).

В условиях поймы механический состав почвы зависит от степени проточности вод. Распределение ив в ряду утяжеления механического состава почвы и в ряду уменьшения степени проточности почвенно-грунтовых вод согласуется. Способность ивы трехтычинковой произрастать на почвах различного механического состава объясняет факт доминирования ее в различных условиях проточности. Ива белая доминирует в составе растительности в условиях поймы на легких аэрированных почвах. Ива корзиночная приурочена к тяжелым почвам и доминирует в условиях средней проточности. Ива шерстистопобеговая способна успешно произрастать в различных условиях проточности и распространена в растительных группировках на почвах лёгкого и тяжелого механического состава. Ива серая как типичный лесоболотный вид произрастает в условиях низкой проточности, предпочитая тяжелые почвы.

Фитоценотический и экологический оптимумы изученных в естественных местообитаниях видов ив не совпадают. Ива трехтычинковая успешно произрастает на почвах различного механического состава, выдерживая режим заболачивающихся стариц. Оптимум произрастания ивы белой локализован на мощных песчано-супесчаных аллювиальных толщах, где в течение жизни дерева

Таблица 33

Некоторые данные о составе древесно-кустарниковой растительности по ступеням уменьшения проточности почвенно-грунтовых вод

Ступени уменьшения проточности	Название участка	Рельеф	Почвенно-грунтовые условия	Характеристика древесной растительности		
				сомкнутость, %	состав видов ив, %	доминирующий вид
1	2	3	4	5	6	7
1	Ивняк	пологий мертвопокровный	песчано-мертвогалечниковый	50-100	ива трехтычинковая – 50 ива шерстистопобеговая – 30 ива белая – 20	трехтычинковая
2	Ивняк	остров крапивный	в галечнико-известковой пойме	100	ива трехтычинковая – 45 ива шерстистопобеговая – 30 ива белая – 20	трехтычинковая
3	Ивняк	низкая костровая	песчано-известковый	–	ива шерстистопобеговая – 80 ива корзиночная – 5 ива трехтычинковая – 5 ива белая – 5 ива козья – 5	шерстистопобеговая
4	Ивняк	прирус- вейниковый	песчано-галечниковый	50-100	ива шерстистопобеговая + ива белая	шерстистопобеговая
5	Ивняк	запади- на ежой сборной, сморо- диной	почва гумусированная на близ русла реки	70	ива корзиночная – 50 ива шерстистопобеговая – 35 ива трехтычинковая – 15 ива белая – +	корзиночная
6	Ивняк	старица ежевич- крали- вой	темноцвет- ный аллювиальный суглинок	90	ива трехтычинковая – 95 ива шерстистопобеговая – 5	трехтычинковая
7	Ивняк	приозер- хмелево- ежевич- ный	темноцвет- ная ильно- зина	100	ива трехтычинковая – 90 ива шерстистопобеговая – 10	трехтычинковая

Продолжение табл. 33.

1	2	3	4	5	6	7
8	Серо- ольцан- ник крапив- но-ла- базни- ковый	низина в низкой пойме	почва су- глинистая гумусиро- ванная	-	ива миризинолистная ива миризи- - 30 -" нолистная грушанколист- ная - 25 -" пятитычинковая - 25 -" трехтычинковая - 10 -" шерстистопобе- говая - 10 -" ушастая - +	
9	Ивняк по краю серо- ольцан- ника	поймен- ная тер- раса	луговая черноземо- видная поч- ва	-	ива пятитычинко- ива пяти- вая - 35 -" тычинковая грушанколист- ная - 15 -" шерстистопобе- говая - 15 -" розмаринолист- ная - 10 -" корзиночная - 10 -" миризинолистная - 5 -" серая - 5 -" ушастая - 5	
10	Ивняк осо- ковый	приозер- ная ни- зина	заболочен- ная гумуси- рованная почва	50	ива пятитычинко- ива пяти- вая - 80 -" тычинковая ушастая - 10 -" серая - 10 береза пушистая - +	
11	Берез- няк качкар- но-осо- ковый с ивами	приозер- ная ни- зина	низинный древесно- осоковый торф	-	ива серая - 100 ива серая -" пятитычинковая +	
12	"-	"-	"-	50	ива серая - 90 ива серая -" ушастая - 10 -" пятитычинковая +	
13	Ельник зелено- мош- ный с ивами	водораз- дельное плато	оподзолен- ный сугли- нок	-	ива козья - 100 ива козья	

ослабляется действие поемного режима. Главным условием поселения ив является отсутствие конкурентов, что делает возможным их поселение как на свежем аллювии, так и на мертвопокровных внепойменных субстратах различного происхождения (в том числе и техногенного).

Успешное поселение и произрастание ив в экстремальных условиях естественных местообитаний, а также в техногенных условиях, несомненно, базируется на эколого-биологических особенностях отдельных видов.

Ивовые в целом относятся к гигрофильной группе растений [Смирнов, 1972]. Отмечая отрицательный характер действия паводковых вод на древесную растительность, В.Н.Сукачев [1953] указывает на существование позднепойменных экотопов ив в низовьях Волги. Однако неправильно представление об ивах как крайне гигрофильных растениях, способных расти в особо увлажненных местах, вблизи водоемов [Скворцов, 1961]. Изучение водного режима ив показало наличие различий между видами и позволяет ставить вопрос о засухоустойчивости ив [Сукачев, 1952; Коссович, 1956; Гусейнов, 1965; Smolander, Lappi, 1984; Бокк, 1986; Молотковский, 1986].

Действительно, ива способна выносить большую сухость почвы. В.Н.Сукачев [1952] связывает засухоустойчивость ив с наличием у них мощной, глубоко идущей корневой системы, которая со второго, а тем более с третьего года после посадки черенков обеспечивает их засухоустойчивость. А.У.Усманов [1973] указывает, что ивы можно отнести к мезофитам. Ивы в защитных лесополосах в условиях сухой степи отсутствуют в том случае, когда грунтовые воды располагаются ниже 8 м и по засухоустойчивости не уступают тису полю бальзамическому [Савельева, 1976]. С.А.Никитин [1974] отмечает, что в условиях Западного Казахстана наиболее чувствительны к засухе в пойме с резким падением уровня грунтовых вод ива белая и кустарниковые ивы. Отмечено [Коссович, 1956], что засухоустойчивые ивы, в частности ива пурпурная, обладают мощной хлоренхимой, восковым налетом на нижней стороне листа, более продолжительным вегетационным периодом и реагируют на увеличение света ростом фотосинтеза.

Из приведенных выше материалов следует, что ивы характеризуются устойчивостью к промышленным загрязнителям, успешно произрастают в техногенных местообитаниях. Отдельные виды

ивовых могут успешно использоваться как звено в защитном лесоразведении с целью оптимизации техногенных ландшафтов. Чтобы составить адекватную картину биологических особенностей отдельных видов с целью установления пределов целесообразного их использования при лесной рекультивации техногенных ландшафтов, следует раскрыть содержание экологической видоспецифичности [Завадский, 1968; Кулагин, 1990; Беляева, 1987], уяснить особенности адаптационеза ивовых в экстремальных лесорастительных условиях.

Современное состояние качества окружающей среды обуславливает необходимость реализации всесторонних подходов к оптимизации среды обитания человека. Наряду с технологическими решениями, безусловно, признается целесообразность расширения мероприятий по лесовосстановлению и защитному лесоразведению.

В пределах Башкирского Предуралья и Южного Урала можно видеть не только наличие широкого спектра лесорастительных условий, но также и высокий уровень индустриализации и урбанизации. В связи с этим проблема оптимизации техногенных ландшафтов, оздоровления окружающей среды региона стоит остро [Кулагин, 1980, 1985; Баталов и др., 1988; Kulagin, 1982].

Произрастание ив в различных лесорастительных условиях связано с экологической видоспецифичностью. Особенности распространения ряда ценозообразующих видов ив в естественных и техногенных местообитаниях Предуралья и Южного Урала отражены в обобщенных схемах природных и техногенных местообитаний ивняков (таблицы 34, 35). Следует отметить четко выраженную способность ивы серой к произрастанию в условиях с пониженной аэрированностью почвогрунтов (переувлажненные бессточные или слабо проточные низины, суглинистые или глинистые карьеры). Ива козья мирится с щебнистостью отвальных грунтов и не занимает доминирующего положения в пойменных местообитаниях с выраженной аллювиальностью. Требовательной к аэрированности почвогрунтов в сочетании с аллювиальностью и повышенной проточностью является ива белая. Ива шерстистолобеговая формирует группировки на суглинистых субстратах речных пойм, а также во внепойменных техногенных экотопах. Ива трехтычинковая произрастает в условиях сильной проточности и аэри-

Таблица 34

Обобщенная схема техногенных и природных местообитаний ивняков в широколиственно-лесной зоне и южной лесостепи (Предуралье)

Техногенный ряд (1-4) усиления аэрированности грунтов и засушливости климата			
широколиственно-лесная зона		южная лесостепь	
1. Карьеры в режиме высокой поймы (суглинистый субстрат) с ивняком из ивы серой	2. Отвалы в режиме высокой поймы (суглинисто-глинистый субстрат) с ивняками из ивы белой, ивы шерстистопобеговой	3. Отвалы в режиме высокой поймы (песчано-гравийный субстрат) с ивняком из ивы белой	4. Отвалы (щебнисто-глинистый субстрат) с ивняком из ивы трехтычинковой
Природный ряд (5-7) заболачивания и снижения проточности (широколиственно-лесная зона)			
5. Заболачивающиеся старицы (суглинистый аллювий) с ивняком из ивы трехтычинковой	6. Заболачивающиеся низины притеррасья пойм рек (гумусированная почва с признаками торфонакопления) с ивняком из ивы серой	7. Внепойменные бессточные западины (торфяно-болотная почва) с ивняком из ивы серой	
Природный ряд (8-10) усиления аллювиальности и проточности (широколиственно-лесная зона)			
8. Берега старичных озер (иловато-глинистый аллювий) с ивняками из ивы шерстистопобеговой, ивы трехтычинковой	9. Прирусловая часть долины реки (супесчано-суглинистый) с ивняками из ивы белой, ивы шерстистопобеговой, ивы трехтычинковой	10. Прирусовая часть долины реки (песчано-галечниковый аллювий) с ивняком из ивы трехтычинковой	

Таблица 35

Обобщенная схема техногенных и природных местообитаний ивняков в бореально-лесной зоне (Южный Урал)

Техногенный ряд (1-3) возрастания щебнистости и сухости нарушенных земель		
1. Карьеры, характеризующиеся временным переувлажнением (субстрат-тяжелый суглинок) с ивняком из ивы пятитычинковой	2. Отвалы (щебнисто-глинистый субстрат) с ивняком из ивы козьей	3. Отвалы (глинисто-щебнисто-глыбистый субстрат) с ивняком из ивы козьей
Природный ряд (4-6) заболачивания и снижения проточности		
4. Сырые низины межгорных долин (луговая черноzemовидная почва) с ивняками из ивы пятитычинковой, ивы козьей	5. Сырые приозерные низины и днища горных долин (иловато-болотная почва) с ивняками из ивы серой, ивы миризинолистной	6. Приозерные заболоченные низины (иловато-болотная почва) с ивняками из ивы пятитычинковой, ивы серой

рованности прируслового аллювия и в заболачивающихся старицах.

В техногенных местообитаниях ивы преимущественно поселяются по глинисто-щебнистым субстратам при мелкобугристом рельефе, что свидетельствует об их аэрофильности и мезофитности. Ивы лесоболотной экологии более активны по сравнению с ивами пойменной экологии при заселении карьеров и отвалов. Возможность поселения и произрастания ив на промышленных отвалах ограничивается рядом неблагоприятных физико-химических условий грунтов (сухость, анаэробность, засоление), несоответствием сроков диссеминации и увлажненности дневной поверхности отвалов [Кулагин, 1982; Баталов и др., 1988]. Отметим, что ивняки техногенных местообитаний тем устойчивее, чем менее благоприятны условия для поселения и роста других древесных пород.

Учитывая наличие у ивовых ряда сходных морфологических черт и вместе с тем эколого-биологических различий, а также в соответствии с динамичными и статичными лесорастительными условиями, можно выделить природно-динамические и природно-статические виды. Первые – это в основном виды пойменной экологии, характеризующиеся высокими темпами роста, способностью к образованию придаточных корней при погребении аллювием. В этой группе доминируют крупные кустарники, деревья. Природно-статичные виды – в основной своей массе виды узкоспециализированные с ограниченным экологическим ареалом. Среди них выделяются гелофиты (ива серая), лесные мезофиты (ива козья), виды горно-тундровой экологии (ива сизая).

Однако, следует заметить, что не существует явных ограничений в адаптации как видов статичных к динамичным условиям, так и видов динамичных к статичным условиям произрастания. Но статичные виды режим активной поймы не выдерживают (в насаждениях не доминируют), тогда как природно-динамичные виды (ива белая, например), к стабильным лесорастительным условиям приспособливаются успешно (в частности за счет усиления осевых органов: стержневая корневая система, корка ствола), имеют нормальную биомассу и осуществляют полноценный онтогенез.

Отходы промышленных предприятий в виде жидких стоков и газо-дымящих выбросов, большинство из которых тяжелее воздуха [Берлянд, 1975], скапливаются в депрессиях рельефа (речные до-

лины). Ивы неотъемлемый и основной компонент древесно-кустарниковой растительности пойм рек, и в настоящих условиях для создания устойчивых и эффективных санитарно-защитных ивовых насаждений необходимо учитывать видовую специфичность ив.

При экспериментальном изучении устойчивости ив к загрязнениям (использовался метод "острых доз") установлено, что ивы трехтычинковая и корзиночная наиболее газоустойчивы по отношению к NO_x , SO_2 , Cl_2 , H_2S (табл. 36). При характеристике сравнительной фитотоксичности газов показано, что наименее токсичным является H_2S , а наиболее фитотоксичным – NO_x и SO_2 (рис. 16). Среднее положение по фитотоксичности по отношению к ивам занимают Cl_2 и NH_3 . При этом для одной группы видов ив (трехтычинковая, корзиночная, серая) более опасен NH_3 , для другой (ива белая, остролистная, козья) – Cl_2 . Особо следует указать на высокую устойчивость к действию NH_3 ивы шерстистопобеговой.

Характеризуя особенности накопления некоторых металлов в листьях древесных в условиях техногенного загрязнения, следует выделить иву белую, которая способна аккумулировать Ti, Fe, Co, Sr [Kulagin, Batalov, 1989]. Известно, что в течение вегетационного

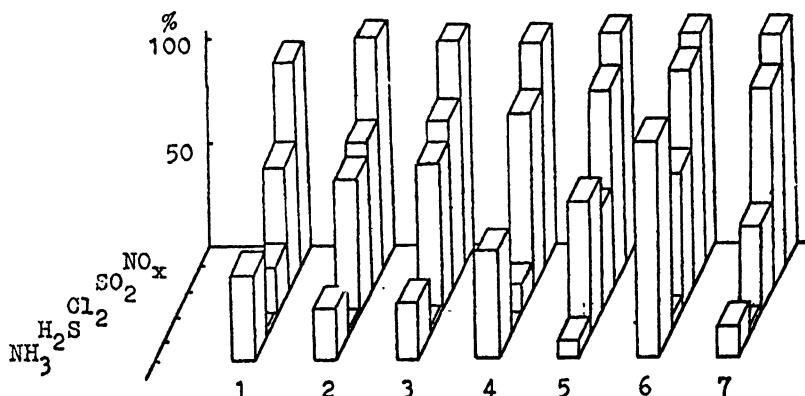


Рис.16. Сравнительная фитотоксичность (концентрация 0,6-0,8 мг/л, экспозиция 30 мин) по отношению к иве трехтычинковой (1), иве белой (2), иве остролистной (3), иве корзиночной (4), иве шерстистопобеговой (5), иве серой (6), иве козьей (7), составленная по результатам повреждения листьев (%) загрязнителями

сезона происходит накопление металлов в листьях растений [Тарабрин и др., 1986], но при этом отмечается снижение содержания Са в листьях (последний выполняет протекторную функцию) в условиях загрязнения. Было установлено [Batalov et al, 1991], что у ивы белой по сравнению с тополем белым (*Populus alba* L.) содержание Са в листьях было более стабильным, что свидетельствует о выраженных адаптивных возможностях ивы белой как представителя родового комплекса *Salix* и иллюстрирует суждение А.К.Скворцова [1968] о большей эволюционной продвинутости рода *Salix* по сравнению с родом *Populus*. В целом это является основанием для использования ивы белой в качестве экологически значимого компонента защитных насаждений при ограничении распространения металлов техногенного происхождения.

Устойчивыми к сульфатному и хлоридному засолению являются виды ив, имеющие широкие ареалы (ивы трехтычинковая, белая, корзиночная, серая). Галорезистентность отдельных видов ив – это результат адаптации к специфическим лесорастительным условиям. Ярким примером такой адаптации является факт произрастания ивы серой в местах постоянного избыточного и часто застойного увлажнения, куда водами приносятся минеральные вещества и где в почвах складываются анаэробные условия и аккумулируются токсичные закисные соединения. Вероятно, вследствие того, что ива серая как вид сформировалась в таких условиях, она наиболее устойчива к хлоридному засолению.

Таблица 36

Сравнительная устойчивость ив к промышленным загрязнителям

Загрязнители, мг/л	Ряды увеличения повреждаемости ив (по данным листовой диагностики)
NO _x 0,31-0,67	корзиночная–трехтычинковая–остролистная– шерстистопобеговая–козья–серая–белая
SO ₂ 0,71-1,43	трехтычинковая–белая–корзиночная–остролистная– шерстистопобеговая–козья–серая
Cl ₂ 0,82-1,63	корзиночная–трехтычинковая–шерстистопобеговая–козья– белая–серая–остролистная
H ₂ S 0,2 -0,6	корзиночная–козья–белая–трехтычинковая–остролистная– серая–шерстистопобеговая
NH ₃ 0,19-0,57	шерстистопобеговая–козья–белая–остролистная–трех– тычинковая–корзиночная–серая

У ив тундровой экологии видоспецифичность достигает максимума проявления, но успешное произрастание ивовых в условиях техногенеза основано на экологической видоспецифичности, которая сформировалась в динамичных условиях речной поймы с дальнейшей специализацией по пути галофитизации, мезофитизации. Добавим, что устойчивость и приспособление древесных к природным и техногенным факторам связаны неразрывно [Кулагин, 1994]. Вместе с тем такое разделение видов ив свидетельствует об эколого-физиологической, а следовательно, и эколого-эволюционной целостности рода *Salix*, так как только на основе неоднородности происходит адаптация организмов к экстремальным условиям среды. При обсуждении экологической видоспецифичности ив привлекают внимание факты "несогласованности". Так, например, ивы пойменной экологии в то же время успешно произрастают и вне поймы.

Рассматривая эколого-биологические особенности отдельных видов ив, необходимо учитывать, что в целом эволюция онтогенеза растений шла по пути эфемеризации, автономизации и интенсификации [Кренке, 1940; Сабинин, 1955; Юсуфов, 1974; Хохряков. 1981; Шмальгаузен, 1983]. Будучи быстрорастущими древесными породами, ивовые, вероятно, следуют по пути интенсификации онтогенеза. Здесь уместно упомянуть, что способность выносить затенение у одной и той же породы меняется в зависимости от возраста, географического положения и богатства почвенной среды [Морозов, 1949; Шульгин, 1974]. Отсюда следует, что характеристика феномена экологического дуализма дает возможность более полного понимания особенностей адаптационеза в экстремальных лесорастительных условиях и составляет основу для принятия конкретных решений при техногенной интродукции.

Познание закономерностей приспособления растений к экстремальным факторам среды является основой экологического прогнозирования будущности насаждений, позволяет рассчитывать на успех техногенной интродукции. В первую очередь это касается устойчивости и продуктивности насаждений древесных с учетом разнокачественности, интенсивности и масштабов действия техногенных факторов. Отмеченные выше особенности ивовых позволяют выделить некоторые моменты адаптационеза в экстремальных лесорастительных условиях.

Формирование адаптаций у ивовых определяется действием фактора поемности. Это действие проявляется в следующем: 1) ежегодное затопление низкой поймы и произрастающей здесь растительности паводковыми водами; 2) интенсивная деятельность речных вод, разрушающая берега и растительность; 3) седimentация взвешенных частиц из паводковых вод и, как следствие, ежегодное отложение аллювиальных наносов, погребение растительности поймы.

Из перечисленного следует, что речная пойма – это сосредоточение динамичных, постоянно изменяющихся лесорастительных условий. Древесные растения, произрастаая в пойме, неоднократно в течение онтогенеза подвергаются пагубному действию фактора поемности. Затопление, погребение аллювием и разрушение группировок древесной растительности в поймах рек будет справедливо рассматривать как экстремальные факторы среды.

Ивовые – постоянные компоненты пойменной растительности, и успешность произрастания отдельных видов в таких условиях связана с формированием адаптаций к фактору поемности. Поселяясь на аллювиальных наносах низкой поймы, затем в течение жизни, ивы и тополя оказываются в совершенно иных лесорастительных условиях. Развитие поймы может идти по нескольким путям. Вследствие чего растительность, сформировавшаяся на аллювиальном субстрате, либо остается в режиме низкой поймы, либо оказывается в режиме заболачивающейся старицы, либо выходит в режим высокой поймы, фактически в режим суходола. Отметим, что существование ивовых в динамично изменяющихся лесорастительных условиях, их успешное произрастание в этих условиях, обязано наличию адаптивного потенциала видов, слагающих растительных группировок.

У ивовых в условиях поймы сложился комплекс адаптаций, дающий им возможность успешно произрастать под действием фактора поемности. Сдвиг фенологических фаз – раннее цветение, быстрое формирование семян и диссеминации в начале лета у большинства видов ив и тополей – дает возможность ухода от губительного действия затопления, осуществления территориальных экспансий на свежие аллювиальные наносы, своевременный "захват" которых означает сохранение вида. С тезисом о территориальности экспансии посредством массовой диссеминации тесно связана и способность к корнеотпрысковости, которая проявляется

у тополя белого, а максимальное развитие получает у осины. Высокая скорость роста – средство, позволяющее не только уйти от погребения аллювием, но и проявление светолюбия (в дополнение ко ксероморфным признакам строения листьев – опушение, овоскованность покровов и др.). Способность к образованию придаточных корней, укоренение стеблей и ветвей дает ивовым возможность успешно противостоять затоплению паводковыми водами и погребению аллювием. Широкое распространение ивовых в поймах рек является, по нашему мнению, результатом того, что эти древесные (в особенности кустарниковые виды ив) не способны конкурировать с основными лесообразователями. Поселение ивовых в пойме – это "экологическая необходимость", так как в условиях активной поймы имеется возможность для формирования полноценных популяций ивовых [Кулагин, 1990].

Оказываясь на беспокровных аллювиальных наносах, ивовые благодаря хлорофиллизированному зародышу семян быстро (в течение 3 суток) прорастают. С этого момента начинается реализация всего существующего адаптивного потенциала ив и тополей к динамичным условиям пойменных экотопов, при этом двудомность ивовых способствует высокой эколого-эволюционной дифференциации видов, слагающих семейство [Скворцов, 1968]. Например, у ивы пятитычинковой наблюдается значительное смещение центров диссеминации, в связи с чем ее семена получают возможность прорастать весной в отсутствие развитого травяного покрова болотистых низин; у ив трехтычинковой, корзиночной, шерстистопобеговой отмечается исключительная аллювиофильность; как мезофиты характеризуются ива козья, осина, что дает возможность произрастать на водоразделах, последняя при этом способна к формированию древостоев.

Современная экологическая ситуация характеризуется интенсивностью действия техногенных факторов. Приспособления ивовых, которые обеспечивают их успешное произрастание в условиях поэмности, в то же время оказываются весьма полезными при произрастании в условиях техногенеза.

Пионерность ивовых при поселении на промышленных отвалах обусловлена ежегодными плодоношениями, массовой диссеминацией, быстрым прорастанием семян, мезофитностью и определенной олиготрофностью взрослых растений. Такие адаптивные, сформировавшиеся в условиях речных пойм, свойства, как ярко

выраженная способность к образованию придаточных корней и быстрый рост стеблей в высоту, придают древесным пойменной экологии ценное качество – успешно произрастать на динамичном и эродируемом субстрате промышленных отвалов. Мелиорирующая функция как естественных, так и искусственно созданных на отвалах насаждений проявляется не только в закреплении грунтов и защите их от эрозии, но и в ускорении процесса формирования почв. Адаптационез ивовых к условиям поемности ведет к возможности занятия ими отдельных техногенных экотопов. Эта своеобразная иrrадиация видов ивовых из поймы происходит на основе экологического дуализма и благодаря формированию экологической видоспецифичности, что подтверждается различной устойчивостью ив к отдельным промышленным загрязнителям.

Развитие ксероморфных структур у ивовых в сочетании с устойчивостью к промышленным загрязнителям и высокими регенерационными способностями обеспечивает их устойчивость к техногенным факторам на уровне семейства.

Для ивовых характерно, во-первых, совмещение повышенного влаголюбия и минимальной теневыносливости в фазе проростков и сеянцев и мезофитности с появлением некоторой теневыносливости во взрослом состоянии; во-вторых, формирование листьев с одновременным проявлением признаков ксероморфности и гигроморфизма; в-третьих, резкое варьирование в устойчивости к различным по физико-химическим характеристикам загрязнителям. Столь сложная и динамичная картина особенностей дает основание допустить, что в качестве защитных средств, ограждающих от разрушительного действия неблагоприятных, в том числе и техногенных, факторов среды, ивовые используют такие свойства, как ксероморфное строение покровов, повышенные регенерационные способности, высокие темпы ростовых процессов.

Ивы как филогенетическая группа древесных растений сформировались в динамичных лесорастительных условиях речных пойм [Скворцов, 1968]. При произрастании в речной пойме в течение онтогенеза древесные испытывают влияние факторов внешней среды прямо противоположного характера: от затопления при произрастании в низкой пойме, до летней засухи в высокой. Успешный рост в таких условиях связан с экологическим дуализмом

ив, раскрытие которого будет существенным дополнением к прогнозированию лесовосстановления.

Экологическая дифференциация ив наблюдается в смещении сроков цветения и плодоношения отдельных видов. Для видов пойменной экологии это связано с необходимостью согласованности сроков диссеминации со сроками отхода паводковых вод и обнажения свежих аллювиальных наносов. Вместе с тем дифференциация ивовых на природно-динамичные и природно-статичные виды не избавила их от такого свойства, как поселение на минерализованных увлажненных субстратах. Отсутствие конкуренции древесной и травянистой растительности – основное условие для успешного поселения ив. Это подтверждается успешным поселением ив как на свежем аллювии в условиях поймы, так и на промышленных отвалах, на свежеотсыпанных дамбах, в придорожных выемках.

Природно-динамичные виды ив в условиях поймы в течение онтогенеза подвергаются воздействию различных факторов среды. Причем, если на этапе поселения ведущим является фактор поемности, то впоследствии на первый план выступают конкурентные отношения с лесными мезофитами на фоне значительного изменения лесорастительных условий в сторону ксерофитизации.

При произрастании в техногенных местообитаниях на этапах "поселение" и "произрастание" возможны следующие варианты.

1. Отмечается успешное поселение и произрастание древесных. В этом случае с учетом экологической видоспецифичности необходима разработка способов содействия естественному возобновлению.

2. Отмечается успешное заселение древесными техногенных неоэкотопов, но затем растения погибают. Это наблюдается в экстремальных лесорастительных условиях и позволяет установить пределы биологических возможностей видов.

3. Растения не поселяются в техногенных неоэкотопах, однако при посадке рост и развитие идет без значительных отклонений. Решение вопросов лесовосстановления осуществляется в плане техногенной интродукции.

4. Отсутствие условий для поселения и произрастания растений. Это позволяет установить запрет на использование отдельных видов древесных в лесокультурных работах.

В связи с вышеизложенным отметим, что экологический дуализм – это структурно-функциональная основа, которая позволяет отдельным видам успешно проходить критические периоды и осуществлять полноценный онтогенез без коренных морфофункциональных перестроек. Возможно, причиной подобного явления выступает противоречивость экобиоморфы ив [Кулагин, 1990].

Ивы характеризуются высоким уровнем транспирации, поэтому развитие жилок необходимо для обеспечения водой всех участков листа и для его механического укрепления, что важно при потере тургора. Устьичный аппарат служит для проникновения в хлоренхиму СО₂ и О₂, но способствует и усиленной водоотдаче. Чрезмерная потеря воды для влаголюбивых видов опасна, и не случайно высокое обилие устьиц у ив корзиночной (до 700 шт/мм²) и козьей (до 500 шт/мм²) сочетается с густо опущенным нижним эпидермисом. У ив белой и остролистной устьица отмечаются на верхнем и нижнем эпидермисе, но у ивы белой густота жилок меньше (250–270 мм/см²), чем у ивы остролистной (до 400 мм/см²). Это можно поставить в прямую связь с произрастанием ивы белой в высокой пойме, где она благодаря глубокой корневой системе обеспечивает себя водой из глубинных слоев почвогрунта; это согласуется и с успешным произрастанием ивы белой в посадках вне речных пойм, на промышленных отвалах. Засухоустойчивость ивы остролистной, напротив, включает ксероморфность листа, что и проявляется в большей густоте жилок. Сопоставление особенностей строения листьев показывает, что среди изученных видов нет такого, который можно было бы назвать ксеро- или гигроморфным по всем признакам. В целом устойчивость ив базируется на комплексе структур и свойств, в котором отдельные показатели в пределах листа связаны неоднозначно.

При произрастании на промышленных отвалах древесные растения зачастую оказываются в условиях ограниченного водоснабжения, зимой отвалы промерзают. В опытах по зимней водоудерживающей способности побегов было установлено, что содержание воды (соответствующее порогу летального обезвоживания) для ив корзиночной и трехтычинковой составляло 10–15% и отмечалось в мае; для ив белой и серой – 30–40% и отмечалось в марте. Если учесть, что начало вегетации наступает в III декаде апреля – I

декаде мая, то видно, насколько значительны различия между видами ив по зимней водоудерживающей способности.

На примере водного режима проявляется экологический дуализм ив, что выражается, с одной стороны, в связи с пойменными условиями водоснабжения, а с другой – в устойчивости к иссушению. Особенности строения листьев, водного режима, устойчивости ив к промышленным загрязнителям свидетельствует о наличии такого комплекса свойств, который важен при техногенной интродукции. Исследования показали, что концепция Г.М.Илькуна [1978], согласно которой солеустойчивые растения являются и газоустойчивыми, также как и подход В.С.Николаевского [1979], согласно которому растения с интенсивными физиологическими процессами и более длительным вегетативным периодом проявляют повышенную устойчивость к действию SO_2 , способны объяснить лишь часть результатов. Значительно большей объясняющей способностью обладает разработка идей о сопряженной устойчивости [Завадский, 1968], об адаптивном полиморфизме [Кулагин, 1985].

Под феноменом экологического дуализма древесных растений следует понимать реализацию комплекса различных, нередко противоположных, свойств, который обеспечивает устойчивость растений в процессе индивидуального развития в изменяющихся условиях произрастания и базируется на полифункциональности структур и многообразий проявления их комплементарности в онтогенезе.

Следует отметить, что изучение вопросов устойчивости древесных растений к техногенным факторам особенно эффективно при использовании геоботанических, морфолого-анатомических, физиолого-биохимических методов исследований в рамках такого научного направления, как индустриальная дендроэкология и на основе развития концепции адаптивного полиморфизма.

Глава 6

О ТЕХНОГЕННОЙ ИНТРОДУКЦИИ ИВ И КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИВО-ВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Проблема комплексного ведения лесного хозяйства, формирования высокопродуктивных лесных насаждений, усиление их средостабилизирующей роли, а также наиболее полного использования лесной продукции является ключевой при организации исследований, разработке рекомендаций и осуществлении практических мероприятий при лесовосстановлении и защитном лесоразведении [Система рекомендаций..., 1976; Бобров, 1985; Maser, 1992].

Расширение площадей сельскохозяйственного производства в течение последних десятилетий в совокупности с проблемой водно-ветровой эрозии обуславливает необходимость проведения агромелиоративных мероприятий в обезлесенных поймах рек с целью создания защитных лесонасаждений для предотвращения заиления и загрязнения рек и водоемов [Молчанов, 1973; Воробьев, 1975; Николаенко, 1978; Калиниченко, 1985].

Велика роль древесных растений в защите водных источников от смываемых с полей мелкозема и удобрений; при этом наибольшую средозащитную функцию несут прибрежные насаждения. Показано, что лесные насаждения снижают в воде на 83–89% содержание взвешенных частиц, на 75–100% содержание нитратного азота, на 20–50% аммиачного азота, на 30–65% фосфора [Молчанов, 1973; Воробьев, 1975; Приходько, 1981].

В ландшафтах с выраженной хозяйственной деятельностью, как правило, наблюдается низкая облесенность. Очевидна необходимость сохранения и улучшения состояния пойменных лесов [Рубцов, 1990; Wenger et al, 1990]. При этом ивняки демонстрируют значительный вклад в формирование микроклимата [Ястребов, Ипатов, 1991], а участие ив в сложении лесного покрова создает благоприятные условия для роста и развития основных пород.

Ивовые насаждения занимают ведущую роль в формировании прирусовых защитных насаждений [Рубцов, 1990; Калиниченко, 1985; Licht, 1992]. Противоэрзационная роль ивовых насаждений основана на мощно развивающейся корневой системе ив (ива остролистная) [Рудой, 1948], на способности к формированию придаточных корней (практически все виды ив) [Рубцов, Салмина, 1982],

на корнеотпрысковости (ива длиннолистная) [Barratt, 1840]. Проведенные исследования видов ив в сравнительном плане позволяют отметить как перспективные ивы: остролистную, шерстистопобеговую, белую, трехтычинковую и др. [Морозов, 1950; Калиниченко, Пушкин, 1984; Косоуров и др., 1986; Базанова, 1988; Досахметов, 1990].

Ивовые относятся к ранневесенним медоносам, характеризуются высокой нектаропродуктивностью, дают пергу [Глухов, 1955; Василенко, 1980]. Медопродуктивность ив достигает 150 кг/га.

Характерной особенностью использования ив является применение побегов для производства плетеных изделий, при этом большое внимание уделяется сравнительной характеристике видов и гибридных форм ив [Кернь, 1890, 1915; Каменский, 1903; Гусейнов, 1968; Соколов, 1984; Шабуров, Беляева, 1991]. Разрабатывались и широко апробировались различные способы создания высокопродуктивных ивовых плантаций на корзиноплетение [Данилин, 1978, 1981; Соколов, 1984].

Проблемы энергетики, источников топлива неизбежно приводят к изучению биологической продуктивности древесных растений как источника древесины на топливо. Особое внимание уделяется быстрорастущим древесным породам, в частности ивовы [Waldrop, 1981; Ломакин, 1983]. Реализуется программа создания энергетических лесных плантаций [Коларов и др., 1980; Neenan, 1987; Nowak et al., 1989; Bonduelle, 1990]. При этом следует помнить, что быстрорастущие деревья создают проблему качества древесины и прочности получаемых лесоматериалов [Senft et al, 1985].

Ивы находят применение при разработке ассортиментов древесных растений и кустарников для декоративного озеленения в населенных пунктах [Шабуров, 1983; Минченко, 1989; Абрамян, Хачатрян, 1989], в зоне действия выбросов промышленных предприятий для ограничения негативных техногенных воздействий [Бессонова, Кононова, 1987; Кулагин, 1990].

Использование древесных растений для оптимизации окружающей среды неразрывно связано с интродукцией растений как "...целеустремленной деятельности человека по введению в культуру в данном естественно-историческом районе растений (родов, видов, подвидов, сортов и форм), ранее в нем не произраставших, или перенос их в культуру из местной природы" [Понятия, термины..., 1971, с. 1]. Техногенные изменения обусловили постановку

проблемы интродукции растений в промышленную среду, формирование специфического раздела ботаники – "промышленная ботаника" [Тарчевский, 1970] и раздела "техногенная интродукция" [Махнев, Мамаев, 1978].

Степень деградации окружающей среды настолько велика, что ставится вопрос о работах по специальному разделу экологии – восстановительной экологии [Jordan et al, 1989].

Сравнительные дендроэкологические исследования составляют фактическую основу для практики лесовосстановления в техногенных ландшафтах [Лапин и др., 1979]. Имеется опыт практического использования ивовых при техногенной интродукции [Кулагин, 1982; Чекризов, Цветков, 1989; Беляева, 1991; Elliot, McKendrick, 1991].

Техногенные факторы трактуют как экологически действовавшие ранее факторы внешней среды [Тарабрин, 1981] и как экологически новые факторы [Кулагин, 1980]. Отметим, что отсутствие безотходных технологий промышленного производства не только свидетельствует об ограниченности нашего знания о тех или иных природных процессах, но и требует проведения конкретных природоохранных мер. Практические же действия по созданию лесных насаждений в зоне промышленных предприятий могут быть ограждены от ряда ошибок при подготовке "экологического адреса" для древесных растений на основе составления "экологических портретов" видов древесных. В этой связи одним из разделов индустриальной дендроэкологии и в дополнение к техногенной интродукции растений на повестку дня выступает вопрос фитомелиорации техногенных ландшафтов путем создания долговечных, устойчивых к действию техногенных факторов и продуктивных лесных насаждений.

Особенности залегания полезных ископаемых, характер вскрышных работ, методы разработки месторождений определяют направление рекультивации нарушенных земель [Той, 1987]. При этом необходимо учитывать физико-химические свойства грунтов, их пригодность для биологической рекультивации [Колесников, 1974; Моторина, 1987; Баталов и др., 1989; Куприянов, 1989]. В многочисленных исследованиях определяются пути рекультивации, которые в целом можно свести к двум направлениям: сельскохозяйственное и лесное [Кондратюк и др., 1980; Баранник и др., 1984]. В пользу выбора лесного направления рекультивации гово-

рит факт присутствия во вскрытых породах различных токсичных соединений и недопустимость включения их в трофическую цепь конечным звеном которого выступает человек [Махонина, 1987].

Очевидно, что проведение мероприятий по рекультивации нарушенных земель практически во всех природно-климатических зонах определяет не только время возврата таких земель в хозяйственное использование, но и предотвращение вторичного загрязнения окружающей среды за счет водно-ветровой эрозии. Результаты лесовыращивания на промышленных отвалах убедительно показывают перспективность этого направления.

При анализе особенностей естественного возобновления древесных пород и опыта лесной рекультивации промышленных отвалов выясняется, что в различных регионах на отвалах различных месторождений полезных ископаемых отмечено активное участие ивовых в естественном возобновлении, а также успешный рост и развитие ив и тополей в искусственных насаждениях [Травлеев и др., 1980; Куприянов, 1989; Чайкина, Объедкова, 1990]. Уместно отметить, что растения, которые наиболее успешно участвуют в сложении пионерных группировок в антропогенных условиях, обозначают как агрессивные с взрывоопасным расселением доминантов [Неjnу, 1981].

М.Л.Рева и В.И.Бакланов [1974] показали, что вследствие зарастания терриконов закрепляется поверхность склонов, задерживаются стоковые воды и мелкозем, улучшается увлажнение более глубоких слоев отвальной породы, усиливается вымывание из нее вредных соединений. Добавим, что, по данным С.А.Таранова и др. [1974], в слое почвы 1–5 см донниково-ивово-сосной парцеллы (ива козья) гумуса 12,86%, в то время как в разнотравно-сосной парцелле – 4,43%, а в донниковой парцелле – 4,91%.

В.В.Тарчевским [1964] наряду с другими древесными растениями в экспериментальных посадках на отвалах были испытаны ивы; при этом были отмечены хорошие приросты (видовая принадлежность ив не учитывалась). При посадке на железорудных шламах в Криворожском бассейне [Ефанов, 1974] ивы корзиночная, вавилонская, белая показали низкую приживаемость (не более 20–30%) и низкую сохранность (9%). Однако при посадке в условиях Кузбасса на северо-западном склоне крутизной 20° ив корзиночной, ломкой, шерстистопобеговой, росистой, пятитычинковой

лучшая приживаемость (больше 70%) отмечена у ивы корзиночной и росистой; ивы относятся к группе "безусловно пригодных" для лесной рекультивации в условиях Южного Кузбасса [Баранник, 1977, с. 135-136]. Положительные результаты дало испытание ивы ломкой в посадках на отвалах угольных шахт [Кондратюк и др., 1980]. В качестве "предшествующих" видов на отвалах рекомендуют ивы козью, серую, ушастую, ломкую, пурпурную [Грешта, 1966]. В плане развития идей интродукции растений [Лапин и др., 1979] при техногенной интродукции ив несомненно перспективным следует признать метод интродукции родовыми комплексами [Русанов, 1974; Коровин, Демидов, 1981].

Проведенные нами исследования показали, что ивы успешно поселяются и произрастают в техногенных ландшафтах, характеризуются устойчивостью к промышленным загрязнениям, являются источником биологически активных соединений. Это свидетельствует о целесообразности создания ивовых насаждений в различных лесорастительных условиях в пределах Уральского региона.

Отличительной чертой видов сем. Ивовых является их способность к вегетативному размножению, что в известной мере упрощает создание ивовых насаждений. Результаты учета приживаемости одревесневших черенков показывают, что кустарниковые виды ив (трехтычинковая, корзиночная) и многоствольные деревья (ива остролистная, ива шерстистопобеговая) укореняются лучше, чем древовидная ива белая. Черенки ивы белой лучше приживаются в мае, а именно в этот период происходит рост побегов в длину. Другие испытанные в опытах по черенкованию виды ив также хорошо приживаются тогда, когда у них происходит рост побегов в длину. Так, у формы двуцветной ивы трехтычинковой рост побегов продолжается в августе (приживаемость черенков в августе – 20%), в то время как рост побегов в длину у формы одноцветной несколько меньше (приживаемость черенков в августе – 3%. Особенностью выделяется высокой приживаемостью одревесневшие черенки ивы корзиночной (см. главу 3).

Проведенные исследования убеждают, что естественное возобновление из-за выраженной мозаичности поверхности отвальных грунтов и других техногенных ландшафтов не может обеспечить быстрое формирование сомкнутых ивняков. Проведенные опыты с выращиванием ив показали высокую надежность прорастания свежесобранных семян ив при условии постоянной повышенной

увлажненности поверхности супесчаного или суглинистого субстрата и отсутствия затенения.

На отвалах карьеров горно-добывающей промышленности интенсивно идут процессы выветривания вскрышных пород и медленно протекает процесс естественного облесения. Особенно подвержены водной и ветровой эрозии склоны, а это ведет к значительному ухудшению санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Обследования показали, что ивы являются постоянным компонентом древесной растительности при естественном зарастании отвалов. Отмечается противоэррозионная функция ив [Рубцов, Салмина, 1982]. Проведение экспериментальных посадок одревесневших черенков ив позволяет определить целесообразность использования различных видов ив при фитомелиорации отвальных грунтов.

Опытные посадки черенков ив были проведены на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината и на отвалах Кумертауского угольного разреза. Результаты выращивания ив на отвалах свидетельствует о способности их к укоренению и произрастанию при низком содержании гумуса, азота, фосфора, сильном варьировании содержания кальция, магния и различной кислотности. В целом это свидетельствует о целесообразности использования ив при фитомелиорации отвалов. Из испытанных видов следует выделить ивы корзиночную, трехтычинковую и шерстистопобеговую [Баталов и др., 1988].

Ивы – это высокопродуктивные древесные растения, им присущи значительные экологические различия. Ивняки занимают большие площади и представлены естественными насаждениями и культурами. При многолетней эксплуатации насаждений большое значение имеют повышенные регенерационные способности ив и их устойчивость к экстремальным факторам среды. Следует отметить, что необходимость плантационного выращивания высокотанидных ив неоднократно подчеркивалась [Сидоров, 1978; Субоч, 1988; Чумаков и др., 1983; Анциферов, 1984]. Перспективно использование естественных и специально созданных ивовых насаждений, так как таниды ивового корня относятся к числу лучших дубителей [Скворцов, 1968; Бормотов, 1989]. Однако сокращение площадей естественных ивняков вследствие хозяйственного освоения пойм, а также других причин антропогенного характера привели к необходимости разведения плантаций высокотанидных ви-

дов ивы [Сидоров, 1978; Субоч, 1987]. Кроме того, ивы характеризуются повышенными регенерационными способностями и устойчивостью к промышленным загрязнителям [Кулагин, 1991]. Это дает возможность комплексного использования ивовых насаждений – создания защитных насаждений в условиях промышленного загрязнения, а также получения высокотанидного сырья и технического прута.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение распространения ив в природных и техногенных местообитаниях бореально-лесной, широколиственно-лесной и лесостепной зонах Предуралья и Южного Урала, экспериментальная оценка устойчивости к промышленным загрязнителям и пригодности к произрастанию на промышленных отвалах показали перспективность широкого использования древовидных и кустарниковых видов для фитомелиорации нарушенных промышленных земель. В пионерных группировках ив промышленных отвалов, карьеров и загазованных территорий бореально-лесной зоны доминируют виды лесоболотной экологии, широколиственно-лесной зоны – как болотной, так и пойменной экологии, южной лесостепи – виды пойменной экологии. Из видов лесоболотной экологии эвритопностью отличаются ивы козья, серая, мирзинолистная, а пойменной – ивы трехтычинковая, шерстистопобеговая, корзиночная. Пионерные группировки ив в техногенных условиях, как правило, разновозрастные, характеризуются сниженной сомкнутостью и наиболее успешно формируются на щебнисто-глинистых субстратах с резко выраженным микрорельефом, благоприятная роль которого возрастает по мере нарастания засушливости климата. Видовой состав ивняков техногенных местообитаний определяется близостью естественных источников обсеменения, видовая принадлежность которых в свою очередь обусловлена зонально-географическими лесорастительными условиями. В облесении нарушенных промышленностью земель принимает участие 11 видов ив, из которых пять видов (козья, серая, трехтычинковая, корзиночная, шерстистопобеговая) присущи всем обследованным лесорастительным зонам и подзонам.

Пионерность ив обусловлена ежегодными плодоношениями, массовой диссеминацией, быстрым прорастанием их семян, мезофитностью и определенной олиготрофностью взрослых растений. Такие адаптивные, сформировавшиеся в условиях речных пойм, свойства, как ярко выраженная способность к образованию придаточных корней и быстрый рост стеблей в высоту, придают ивам пойменной экологии ценное качество – успешно произрастать на динамичном и эродируемом субстрате промышленных отвалов. Мелиорирующая функция как естественных, так и искусственно

созданных на отвалах ивняков проявляется не только в закреплении грунтов и защите их от эрозии, но и в ускорении процесса формирования почв.

Изученные виды ив проявляют различную устойчивость к загрязнителям. Наибольшую газоустойчивость к окиси азота, хлору проявляет ива корзиночная, к двуокиси серы – ива трехтычинковая, к аммиаку – ива шерстистопобеговая, а наименьшую к двуокиси серы и аммиаку – ива серая. Сероводород, проявляющий низкую токсичность к большинству видов ив, оказывается сильно повреждающим фактором для ивы шерстистопобеговой. Следовательно, газоустойчивость ив не базируется на единой морфо-физиологической основе, а связана различным комплексам признаков и свойств. Исследования показали, что ивы корзиночная, трехтычинковая, серая и козья более солеустойчивы, чем ивы шерстистопобеговая, белая и остролистная. По отношению к ивам хлорид натрия обладает более сильной токсичностью, чем сульфит натрия. Заслуживает внимания сезонная динамика устойчивости ив к сульфиту натрия и, в частности, ее снижение к концу вегетации у ив корзиночной, шерстистопобеговой, серой и возрастание у ив белой, остролистной. В рядах сравнительной устойчивости виды ив, имеющие одинаковую секционную принадлежность, демонстрируют явные различия при повреждении листьев загрязнителями. Ива корзиночная отличается от ивы шерстистопобеговой при воздействии сероводорода, аммиака, а ива козья и серая – при воздействии водных растворов кислот. Это свидетельствует о неоднородности секций, о видовой индивидуальности их в связи с использованием ими в качестве защитных средств различных свойств своей морфо-функциональной организации.

Установлено, что у ив не только межвидовые, но и внутривидовые различия охватывают значительное число признаков, что имеет вполне определенное экологическое значение. У ивы трехтычинковой форма двуцветная по сравнению с формой одноцветной отличается ксероморфностью, повышенной устойчивостью к иссушающим факторам вегетации и зимовки, а также и устойчивостью к газообразным загрязнителям и загрязнителям в форме растворов. Отмечено, что у ив белой, шерстистопобеговой, козьей, остролистной, трехтычинковой (форма одноцветная) растения мужского и женского пола в среднем близки по устойчивости к загрязнителям, в то время как у ивы серой более устойчивыми оказываются

зались мужские, а у ивы корзиночной и ивы трехтычинковой (форма двуцветная) – женские растения, что также обуславливает дифференцированный подход к использованию ив с учетом их двудомности при создании защитных насаждений.

Выраженными регенерационными способностями обладают пойменные виды ив и особенно ивы остролистная и шерстистопобеговая. Восстановление облиственности крон после дефолиации находится в соответствии с продолжительностью роста побегов в течение вегетационного периода. При создании защитных и фитомелиорирующих ивовых насаждений предпочтение следует отдавать ивам шерстистопобеговой, корзиночной, трехтычинковой, особенно ее двуцветной форме, и белой, используя не только весенюю, но раннелетнюю посадку свежезаготовленными, а также и осеннюю посадку окорененными черенками.

Для ив характерно, во-первых, совмещение повышенного влаголюбия и минимальной теневыносливости в фазе проростков и сеянцев и мезофитности с появлением некоторой теневыносливости во взрослом состоянии; во-вторых, формирование листьев с одновременным проявлением признаков ксероморфизма и гигроморфизма; в-третьих, резкое варьирование в устойчивости к различным по физико-химическим характеристикам загрязнителям. Столь сложная и динамическая картина биологических особенностей дает основание судить, что ивы в качестве защитных средств, ограждающих от разрушительного действия неблагоприятных факторов среды, используют различные свойства: ксероморфное строение покровов, более плотный мезофилл со сниженным объемом межклетников и высокие темпы ростовых процессов.

Использование ивовых насаждений при облесении овражно-балочных систем, выходящих к рекам, снижает содержание твердой взвеси в воде в 15 раз. Основные требования к таким насаждениям: высокая кольматирующая способность, устойчивость к погребению аллювием и высокие темпы роста при достаточной густоте посадок. Выращивание ивовых с целью защиты берегов рек от эрозии, защиты водных источников от заилиения, а также в качестве источника веточного корма позволяет сохранить водораздельные насаждения древесных; высокие регенерационные способности ив обеспечивают многолетнюю эксплуатацию таких насаждений.

Проведенные исследования позволяют отметить отсутствие универсального механизма в устойчивости к различным неблагоприятным факторам среди у изученных видов ив. Выявленная в этом отношении неоднородность видов ив означает глубокую эколого-эволюционную дифференциацию рода *Salix* и многообразие путей адаптации к неблагоприятным факторам среды у растений. Проведение сравнительной оценки ив с целью раскрытия их экологической видоспецифичности с учетом экологического дуализма позволяет эффективнее использовать древовидные и кустарниковые виды в техногенных местообитаниях. Ивы, несомненно, за-служивают высокой эколого-лесоводственной оценки при защите отвалов от водно-ветровой эрозии, ускорении почвообразовательного процесса, оздоровлении атмосферы в индустриальных центрах в целом, что подтверждается опытно-производственными работами при оптимизации экологических условий промышленных районов Предуралья и Южного Урала. Материалы исследований позволяют характеризовать ивы как несомненно перспективные для техногенной интродукции и защитного лесоразведения дре-весные растения.

ЛИТЕРАТУРА

Аблаев С.М. Перспективы повышения продуктивности защитных насаждений при облесении водохранилищ Узбекской ССР // Вопросы защитного лесоразведения в Узбекистане. Ташкент, 1990. С. 7–13.

Абрамян А.Г., Хачатрян Л.А. Садовая форма ивы мацуданской (*Salix matsudana*) для зеленого строительства // Биологический ж. Армении. 1989. Т. 42, № 3. С. 236–237.

Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В.Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.

АЗарова Л.В., Коваленко С.Г. Адаптационные процессы в листьях древесно-кустарниковых растений под воздействием цементного производства // II съезд Всес. об-ва физиологов раст.: Тез. докл. М., 1992. С. 7.

Азотный обмен древесных и кустарниковых растений в связи с их газоустойчивостью / Л.П.Пягай, К.А.Ахматов, В.И.Ткаченко, К.А.Амангулова // Биология деревьев, кустарников и плодовых растений Северной Киргизии. Фрунзе, 1987. С. 19–21.

Акульшина Н.П., Фирс Л.В., Шушпанникова Г.С. Ивняки на трассе магистрального нефтепровода Возей – Уса – Ухта в Коныш АССР // Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1988. № 4. С. 24–30.

Алексеев В.А. Особенности описания древостоев в условиях их атмосферного загрязнения // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982. С. 97–115.

Алексеев В.А., Дочинжер Л.С. Цели и задачи проекта 02.03.21 "Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями" // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. Таллин: АН ЭССР, 1982. С. 16–26.

Аль-Садун Н.Н. Эколо-биологическая характеристика ивы белой (*Salix alba L.*) // Экосистемы Горного Крыма, их оптимизация и охрана. Симферополь, 1983. С. 46–52.

Алюкина Л.С. Некоторые итоги биохимического изучения дубильных растений Казахстана // Флора и растительные ресурсы Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1975. С. 131.

Андреяшкина Н.И. Антропотолерантность горнотундровых фитоценозов Северного Урала // Растительные сообщества Урала

и их антропогенная деградация / УНЦ АН СССР. Свердловск, 1984. С. 110–122.

Андиценко Т.Л. Мелкие болотные ивы (*Salix lapponum*, *S. myrtilloides*, *S. rosmarinifolia*) на Украине // Ботанический ж. 1980. Т. 65, № 6. С. 843–848.

Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск: Наука и Техника, 1979. 216 с.

Антипов В.Г., Чекалинская И.И. Изменчивость окисляемости клеточного содержимого как одного из показателей газоустойчивости растений // Растительность и промышленные загрязнения / УФАН СССР. Свердловск, 1966. Вып. 5. С. 29–35.

Антипов Н.И. О возникновении и развитии экологических групп растений в процессе эволюции // Проблемы эволюционной физиологии растений (материалы симпозиума). Л.: Наука, 1974. С. 119–122.

Антропогенные изменения в ландшафтах нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья / В.И.Прокаев, С.А.Мамаев, И.И.Шилова, А.А.Каргашин // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов. Свердловск, 1979. С. 79–109.

Анциферов Г.И. Ива. М.: Лесная промышленность, 1984. 102 с.

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

Армолайтис К.Э., Вайчис М.В. Роль защитных полос в интенсивных промышленных садах Литовской ССР // Средоулучшающая роль леса. Новосибирск, 1984. С. 35–37.

Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 175 с.

Аугустайтис А.А., Барткявичюс Э.Л. Влияние дефолиации кроны на прирост поврежденных выбросами промышленности средневозрастных деревьев сосны обыкновенной // Тез. II Коми респ. молод. науч. конф. Сыктывкар, 1990. С. 121.

Бабушкина Л.Г., Глумов В.А., Капралов А.В. Влияние фторсодержащих промышленных выбросов на содержание оксипролина в ассимиляционных органах древесных растений // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 14. Свердловск, 1988. С. 129–133.

Базанова О.Р. Роль древесной растительности в повышении противоэрозионной устойчивости водосборов и берегов малых рек // Докл. ВАСХНИЛ. 1988. № 6. С. 45–47.

Байжанова М.К. Пылезадерживающая способность листьев некоторых древесных пород // Роль растений в оздоровлении воздушного бассейна городов Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 36–42.

Баранник Л.П. Экологическая оценка пригодности древесных кустарниковых пород для лесной рекультивации в Кузбассе // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977. С. 120–138.

Баранник Л.П., Шмонов А.М., Нищаков А.Ф. Оптимизация техногенных ландшафтов Кузбасса лесными насаждениями // Средоулучшающая роль леса. Новосибирск, 1984. С. 38–40.

Баранова Л.К. Содержание и динамика накопления железа в вегетативных органах древесных растений, произрастающих вблизи металлургических предприятий // Флора и растительность Украины. Киев, 1986. С. 3–5.

Барна Н.Н. Сравнительная эмбриология видов Salicaceae в связи с их филогенией и эволюцией // Тезисы докл. Международного ботанического конгресса. Л.: Наука, 1975. С. 243.

Барна Н.Н. Физиолого-гистохимические особенности развития репродуктивных структур видов семейства Salicaceae Mirb. // II съезд Всес. об-ва физиологов раст.: Тез. докл., ч. 2. М., 1992. С. 22.

Баталов А.А. Техногенез и проблемы индустриальной дендроэкологии // Дендроэкология, техногенез, вопросы охраны природы / БФАН СССР. Уфа, 1987. С. 5–15.

Баталов А.А., Мартыянов Н.А. К экологии семенного размножения сосны обыкновенной в окрестностях нефтехимических предприятий // Экология. 1981. № 2. С. 83–85.

Баттан Л.Дж. Загрязненное небо. М.: Мир, 1967. 124 с.

Безкоровайный М.Ф. Размножение ивы серебристой кольями // Зеленое строительство. Л., 1949. С. 100–101.

Бельков В.А. Естественное возобновление на отвалах фосфоритных разработок // Лесное хоз-во. 1989. №9. С. 37–38.

Беляева И.В. Изучение индивидуальной и географической изменчивости ив в экстремальных условиях // Всесоюзн. об-во генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова: Съезд 5-й: Тез. докл. Т. 1: Общая и молекулярная генетика. М., 1987. С. 28.

Беляева И.В. Эколого-биологическая характеристика ивняков в условиях промышленного города // Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития: Тез. докл. Киев, 1990. С. 43.

Беляева И.В. О половом диморфизме некоторых пойменных видов ив // Бюллетень ГБС. 1991. № 159. С. 20–22.

Беляева Л.В., Нестерова Л.А. Влияние промывбросов на физиологическое состояние древесных растений // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та. 1985. № 167. С. 100–102.

Беляева Л.В., Николаевский В.С. Влияние промышленных газов на рост побегов и ассимиляционные органы древесных растений // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та. 1987. № 188. С. 24–27.

Беляков Е.В., Фафонов В.В., Фурсаев А.Д. Ивовое коры поймы реки Волги как источник дубильных веществ. М. : Нижнее Поволжье, 1929. № 10. С. 15–21.

Берзиня А.Я. Загрязнение металлами растений в придорожных зонах автомагистралей // Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта. Рига: Зинатне, 1980. С. 28–45.

Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 448 с.

Бессонова В.П., Зверковский В.Н. Обмен полисахаридов в листьях робинии лжеакации и тополя черного на рекультивируемых землях Западного Донбасса // Биогеоценологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной Украины. Днепропетровск, 1989. С. 135–139.

Бессонова В.П., Кононова И.И. Древесные и кустарниковые растения в условиях металлургического предприятия. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1987. 22 с.

Бессонова В.П., Лыженко И.И. Изменения активности ферментов углеводного обмена в листьях древесных растений в условиях металлургического предприятия. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1986. 18 с.

Бобров Р.В. Повышать многоцелевую функцию лесных территорий // Лесное хозяйство. 1985. № 6. С. 66–68.

Бокк Э.Н. Ивняки поймы верхней Оби: Автореф. дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 1968. 28 с.

Бокк Э.Н. Ивняки поймы Оби // Биологические ресурсы поймы Оки. Новосибирск: Наука, 1972. С. 325–333.

Бокк Э.Н. Ветла как индикатор гидрологического режима Оби // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1986. № 13/2. С. 31–53.

Бормотов В.И. Плантационное выращивание танидных ив в условиях Севера // Вопросы интродукции хозяйственно-ценных древесных пород на Европейском Севере. Архангельск, 1989. С. 108–116.

Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А. Интродукция растений и дендромелиорация урбанизированной среды. СПб: Лесотехническая академия, 1992. 132 с.

Вамбольдж И.И. Способы посадки ивы ломкой вокруг водоемов в Целиноградской обл. /Научные тр. Омского с.-х. ин-та. Т. 115. Омск, 1973. С. 56–61.

Василенко И.Д. Цветение гибридных комбинаций ив // Биология лесных насаждений. Киев, 1980. С. 85–88.

Вендро С.Л., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая среда. М.: Наука, 1976. 136 с.

Вернадский В.И. Химическое строение биосфера Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с.

Веретенников А.В., Дорогань Л.В. Влияние пыли на фотосинтез древесных растений в условиях промышленных отвалов КМА. Воронеж: Воронежск. лесотехн. ин-т, 1986. 8 с.

Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины. Воздействие. Ответные меры / Под ред. Х.-Г. Десслера. М.:Лесная промышленность, 1981. 184 с.

Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Под ред. Б.Н.Норина и В.Т.Ярмишко. Ленинград: БИН АН СССР, 1990. 195 с.

Влияние промышленных загрязнений на содержание пигментов в листьях кустарниковых растений в степной зоне. В.П.Бессонова, И.И.Лыженко, О.Д.Карасева, О.Ф.Михайлов // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. Куйбышев, 1985. С. 47–53.

Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Стойкость. Фитоиндикация. Оптимизация / И.И.Коршиков, В.С.Котов, И.П.Михеенко и др. Киев: Наукова думка, 1995. 192 с.

Воздействие цементной пыли на состояние древесных растений / Г.Н.Гигаури, Т.В.Девдариани, П.А.Ратман и др. // Лесоведение. 1992. № 6. С. 65–73.

Вопросы оптимизации техногенных ландшафтов Западного Донбасса путем создания мелиоративных и рекреационных лесных насаждений / А.П. Травлеев, М.А.Альбицкая, А.Г. Лындя и др. //

Биогеоценологические аспекты лесной рекультивации нарушенных земель Западного Донбасса. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1980. С. 21–38.

Воробьев Г.И. Лес защищает поля и водные источники // Лесное хозяйство. 1975. № 7. С. 2–4.

Ворон В.П. Влияние цементной пыли на древесную растительность // Лесоводство и агролесомелиорация. Киев, 1986. № 72. С. 41–45.

Воронин Н.С. Практикум по анатомии и морфологии растений. М.: Изд-во Советская наука, 1953. 239 с.

Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 280 с.

Геодакян В.А. Системно-эволюционная трактовая асимметрия мозга // Системные исследования: методологические проблемы. М., 1987. С. 355–376.

Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. Структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.

Гетко Н.В., Кулагин Ю.З., Яфаев Э.М. О газопоглотительной способности хвойных // Экология хвойных / БФАН СССР. Уфа, 1978. С. 112–120.

Гзырян М.С. Семейство Salicaceae и его положение в системе покрытосеменных по данным анатомии древесины: Автореф. дис... канд. биол. наук. Ереван, 1952. 28 с.

Гирс Г.И. Аккумуляция азота, фосфора и калия лесообразующими породами России / Ин-т леса им. В.Н.Сукачева СО РАН. Красноярск, 1996. 40 с.

Глумов Г.А. Естественные леса Южной части лесостепи Зауралья // Природные условия и леса лесостепного Зауралья / Тр. Ин-та биологии БФАН СССР. Вып. 19. Свердловск, 1960. С. 49–75.

Глухов М.М. Медоносные растения. М.: Госиздатсельхозлит, 1955. 512 с.

Голошвили С.Д. О размножении ивы козьей черенками / Тр. Тбилисского ин-та леса. Т. XVIII. Тбилиси: Изд-во "Сабчота се-картвело", 1971. С. 139–143.

Гонтарь Э.М. К биологии щавеля Рехингера в условиях естественного произрастания. Новосибирск: Наука, 1973. С. 120.

Гончаренко Г.А. О количественном соотношении разнополых деревьев и особенностях цветения женских экземпляров тополя

пирамидального // Повышение продуктивности лесов и эффективности агролесомелиоративных насаждений. Киев: Госиздатсельхозлит, 1962. С. 238–246.

Гончаров С.В. К методике исследования растительного дубильного сырья // Состояние и перспективы изучения растительных ресурсов СССР. М.; Л., 1958. С. 419–430.

Горошкевич С.Н. Связь роста и пола в развитии ветвей кедра сибирского // Онтогенез. 1990. Т. 21, № 2. С. 207–214.

Горчаковский П.Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 283 с.

Горчаковский П.Л., Мамаев С.А., Николаевский В.С. Закрепление растительных отвалов золотодобывающей промышленности // Растительность и промышленные загрязнения / УФАН СССР. Свердловск. Вып. 5. 1966. С. 111–122.

Горчаковский П.Л., Пешкова Н.В. Ранние стадии сукцессий растительности на новейшем аллювии в среднем течении р. Урал // Экология. 1970. № 5. С. 3–15.

Горышнина Т.К. Растение в городе. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 152 с.

Грешта Я. Рекультивация промышленных бросовых земель в Польской Народной Республике // Растительность и промышленные загрязнения / УФАН СССР. Свердловск. Вып. 5. 196 С. 95–106.

Григорьев Ю.С. О методе эволюционно-физиологических исследований в ботанике // Проблемы эволюционной физиологии растений (Материалы симпозиума). Л.: Наука, 1974. С. 20–22.

Гусев М.И. Пылезадерживающая способность некоторых пород древесных насаждений // Санитария и гигиена. 1952. № 6. С. 24–28.

Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.

Гусейнов И.Д. Селекция ив на засухоустойчивость и быстроту роста // Лесное хозяйство. 1965. № 9. С. 47–51.

Гусейнов И.Д. Технические свойства прута ив // Тр. Азербайджанского научно-исследовательского ин-та лесного хозяйства и агролесомелиорации. Т. VIII. Барда, 1968. С. 71–77.

Дадыкин В.П., Самсонова Л.П. Дефолиация как способ облегчающий приживаемость саженцев древесных растений при пересадке // Лесной ж. 1976. № 1. С. 18–21.

Данилин П.М. Продуктивность ивой плантации на корзиноплетение // Науч. тр. Казахск. с.-х. ин-та, Т 21, № 4. 1978. С. 108–110.

Данилин П.М. Омолаживание промышленной плантации ивы на корзиноплетение // Актуальные проблемы лесного хозяйства Казахстана. Алма-Ата, 1981. С. 52–55.

Данилова М.Ф., Кравкина И.М., Крэнг Р.Э. Ультраструктура клеточных оболочек эпидермы и устьичного комплекса листа тополя при воздействии сернистого газа // Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями: Тез. докл. I советско-американского симпозиума по проекту 02.03.21. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982. С. 77–80.

Дашкевич А.П. Ассортимент газоустойчивых растений для озеленения санитарно-защитных зон и промышленных территорий Восточного Казахстана // Роль растений в оздоровлении воздушного бассейна городов Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 102–112.

Дервиз-Соколова Т.Г. Жизненные формы ив северо-востока СССР // Ботанический ж. 1982. Т. 67, № 7. С. 975–982.

Дерий И.Г. Некоторые физиологические особенности мужских и женских особей древесных двудомных растений, интродуцированных в экосистемы Центральной лесостепи Украины // Актуальные вопросы современной ботаники. Киев, 1979. С. 50–55.

Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М.: Прогресс, 1968. 379 с.

Джапаридзе Л.И. Пол у растений. Ч. 2. Тбилиси: Мецниереба, 1965. 302 с.

Джугарян О.А. Разработка системы экологической оценки и биомониторинга техногенного загрязнения экосистем промышленных районов Армении: Автореф. дис. ... докт. биол. наук ИЭМЖ. М., 1990. 42 с.

Дмитриев М.Т. Состояние и перспективы развития физико-химических методов исследований при решении проблем гигиены окружающей среды // Гигиена и санитария. 1988. № 4. С. 4–7.

Добровольский И.А. Эколо-биологические основы оптимизации техногенных ландшафтов степной зоны Украины путем озеленения и облесения (на примере Криворожского железорудного бассейна): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. ДГУ. Днепропетровск, 1979. 63 с.

Долгошев В.М. Соотношение мужских и женских особей осины в лесах Кировской области // Лесоведение. 1968. № 4. С. 97–99.

Доочистка газовых выбросов растениями / О.Г.Бобров, А.А.Титова, Н.Ф.Барановская и др. // Обз. инф. Сер. актуал. вопр. хим. науки и технол. и охраны окружающей среды / НИИ ТЭХИМ. 1990. № 1. С. 1–29.

Досахметов А.Д. Корневая система древесных пород вдоль ороителей / Вопросы защитного лесоразведения в Узбекистане. Ташкент, 1990. С. 22–28.

Дочинжер Л.С. Атмосферные загрязнители и их влияние на листву лесных деревьев // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982. С. 48–75.

Евгеньев И.Е. Защита природной среды при эксплуатации дорог // Автомобильные дороги. 1989. № 8. С. 5.

Ефанов А.Т. Опыт пересадки древесно-кустарниковых пород на железорудных шламах // Растения и промышленная среда. Вып. 3. Свердловск, 1974. С. 158–161.

Жудова П.П. Геоботаническое районирование Башкирской АССР. Уфа: Башкнигоиздат, 1966. 124 с.

Жукова Л.А., Комаров А.С. Поливариантность онтогенеза динамика ценопопуляций растений // Ж. общей биологии. 1990. Т. 51, № 4. С. 450–461.

Завадский К.М. Вид и видеообразование. Л.: Наука, 1968. 400 с.

Зайковская Е.А., Фролов А.К. Особенности аккумуляции хлоридов городскими растениями // Вестник ЛГУ. Сер. 3. Биология. 1990. № 2. С. 35–38.

Закиров П.К., Гиршевич Е.И., Ташмухамедова З.З. Некоторые диагностические признаки устойчивости растений в техногенных условиях // Узбекский биологический ж. 1990. № 1. С. 32–35.

Зибцев С.В. Накопление металлов древостоями различной густоты в районе крупной ТЭС // Лесоводство и агролесомелиорация. 1990. № 81. С. 22–27.

Иванов Л.А., Силина А.А., Цельниker Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботанический ж. 1950. Т. 35, № 2. С. 171–185.

Игнатенко А.А., Тарабрин В.П. Свободные аминокислоты при индуцировании устойчивости древесных растений к промышлен-

ному загрязнению // Интродукция и акклиматизация растений. 1989. № 12. С. 60–63.

Ильин А.М. Сравнительная характеристика мужских и женских деревьев осины / Воронежский лесотехнический ин-т. Воронеж, 1982. 10 с.

Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1971. 146 с.

Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.

Илькун Г.М., Аникина С.А. Осаждение цементной пыли растениями // Растения и промышленная среда. Киев, 1971. С. 38–41.

Ильминских Н.Г. Понятие "активность видов" и его место среди методов изучения растительного покрова // Растительный покров антропогенных местообитаний. Ижевск, 1988. С. 25–36.

Илюшин И.Р. Усыхание хвойных лесов от задымления. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1953. 40 с.

Инсаров Ю.А. Некоторые закономерности антропогенной трансформации природных экосистем // Антропотолерантность биогеоценозов и прикладная экология: Тез. докладов Прибалтийской конф. Таллин, 1977. С. 107–110.

Исаченко Х.М. Лесоводственные свойства главных и сопутствующих пород для создания государственных полезащитных поясов. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 100 с.

Использование бысторастущих пород в полезащитном лесоразведении. А.В.Альбенский, Г.В.Крылов, Б.И.Логинов, И.Д.Щерлин / М.: Госиздатсельхозлит, 1956. 112 с.

Исследования по рекультивации промышленных отвалов на Урале в девятой пятилетке. Б.П.Колесников, Г.М.Пикалова, Т.С.Чибрик, Г.И.Махонина // Растения и промышленная среда. Вып. 4. Свердловск, 1976. С. 3–9.

Истомина И.И., Богомолов Н.Н., Шашурина М.А. Морфологическая пластичность и ценотическая роль некоторых лесных кустарников // Морфогенез и ритм развития высших растений. М., 1987. С. 116–119.

Ишбулатова Н.Г. Приусловые леса и кустарники поймы реки Белой // Ботанический журнал. 1966. Т. 51. С. 1645–1649.

К географии ив в поймах рек МНР / Р.Ш.Кашапов, Н.Минибазар, Б.М.Миркин, Л.И.Онищенко // Ботанический ж. 1977. Т. 62, № 5. С. 699–704.

Кайрюкштис Л.А., Скуодене Л.П. Изучение стрессовых и адаптивных реакций, возникающих у древесных под влиянием их взаимодействия и воздействием промышленных эмиссий // Влияние промышленных загрязнений на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости: Тез. докл. к Всес. научно-практическому совещ. Каунас, 1984. С. 44–46.

Калинин М.И., Лантух В.С. Регенерация корневых систем соны и дуба в культурах // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Киев, 1985. № 16. С. 15–18.

Калиниченко Н.П. К обоснованию методики рационального размещения защитных лесных насаждений на водосборных бассейнах // Основы выращивания защитных насаждений на водосборных бассейнах малых рек. М., 1985. С. 3–10.

Калиниченко Н.П., Пушкин А.И. Биологическая продуктивность ивняков на овражно-балочных землях // Лесное хозяйство. 1984. № 10. С. 51–52.

Каменский Ф. О сортахъ корзиночной ивы, пригодных для разведенія въ прѣдѣлахъ Одесского учебного округа // Тип. Южно-Русского О-ва Печатного Дома. Одесса, 1903. С. 1–19.

Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические реактивы: Руководство по приготовлению неорганических реактивов и препаратов в лабораторных условиях. М.: Госхимиздат, 1955. 584 с.

Касимов А.К. Фоновая оценка и некоторые закономерности функционирования лесных экосистем в зоне седиментации пыли и синтетических моющих средств // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземья Урала. Пермь, 1985. С. 103–111.

Керн Э.Э. Ива. Л.: Издание ин-та растениеводства НКЗ СССР, 1932. 96 с.

Кернъ Э.Э. Ива, ея значеніе, разведеніе и употребленіе. Москва: Издание В.Н.Маракуева, 1890. 110 с.

Кернъ Э.Э. Ива, ея значеніе, разведеніе и употребленіе. Петроградъ: Типография Министерства Путей Сообщения (Товарищества И. Н. Кушнарев и К°), 1915. 132 с.

Кириченко Е.Б. Физико-химические факторы экорезистентности в онто- и филогенезе. Препринт. Пущино, 1984. 13 с.

Кирклин А.А. Опыт по закладке ивовых посадок в зоне влияния промышленных эмиссий Йонавского ПО "Азот" // Влияние

промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению устойчивости: Тез. докл. к Всес. научно-практическому совещанию. Каунас, 1984. С. 166–167.

Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. Ташкент: Фан, 1987. 236 с.

Козюкина Ж.Т., Тарасенко Е.В. Некоторые эколого-биохимические особенности начальных фаз развития растений в условиях загрязнения атмосферы // Интродукция и экспериментальная экология растений. Днепропетровск, 1983. С. 122–132.

Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 12–15.

Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. Вып. 3. Свердловск, 1974. С. 3–28.

Комиссаров Д.А. Биологические основы размножения древесных растений черенками. М.: Лесная промышленность, 1962. 292 с.

Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР / И.В.Ларин, Ш.М.Агабанян, Т.А.Работнов и др. Т. 2. М.; Л.: Госиздатсельхозлит, 1951. 948 с.

Коровин С.Е., Демидов А.С. Интродукционный прогноз и его методические аспекты // Журнал общей биологии. 1981. Т. 42, № 5. С. 673–674.

Корчагин А.А. Определение возраста деревьев умеренных широт // Полевая геоботаника. Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 209–240.

Косоуров Ю.Ф., Морозов Н.Ф., Кулагин А.Ю. Рекомендации по созданию ивовых насаждений в Башкирской АССР. Уфа, 1986. 16 с.

Коссович Н.Л. Фотосинтез и дыхание некоторых ив // Сборник статей, посвящ. 75-летию В.Н.Сукачева. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 321–329.

Котов В.С. Эколого-физиологические особенности накопления и распределения ртути в высших растениях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ВГУ. Воронеж, 1991. 17 с.

Кочановский С.Б. Некоторые физиологические особенности деревьев осины мужского и женского пола // Лесоведение. 1968. № 2. С. 14–23.

Кравкина И.М. Влияние загрязнителей атмосферы на структуру листа // Ботанический ж. 1991. № 1. С. 3–9.

Красинский Н.П. Теоретические основы построения ассортиментов газоустойчивых растений // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Горький; М.: Горьковский университет. Академия коммунального хозяйства, 1950. С. 9–109.

Красовский П.Н. Опыт культуры древесных пород и кустарников на солонцах б. Троицкого лесостепного заповедника // Природные условия и леса лесостепного Зауралья. Вып. 19. Свердловск, 1960. С. 137–144.

Крашенинников И.М., Кучеровская-Рожанец С.Е. Растительность Башкирской АССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941. 154 с.

Крокер В. Рост растений. М.: Иностранная литература, 1950. 359 с.

Крылов Г.В. Леса Западной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.

Кузьмин В.И., Хлонов Ю.П., Гонтарь Э.М. Ивы Объ-Иртышского междуречья и их значение для дубильно-экстрактовой промышленности // Растительные ресурсы. 1986. Т. 22, № 2. С. 153–158.

Кузнецов Н.И. Введение в систематику цветковых растений. Л.: ОГИз, 1936. 456 с.

Кулагин А.Ю. Некоторые экологические особенности двух форм ивы трехтычинковой // Экология. 1981. № 5. С. 80–83.

Кулагин А.Ю. Ивы антропогенных неоэкотопов Предуралья и Южного Урала // Растения и промышленная среда. Вып. 9. Свердловск, 1982. С. 105–112.

Кулагин А.Ю. Эколо-биологические особенности ив и техногенез. Препринт. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1990. 19 с.

Кулагин А.Ю. Регенерационные способности и экологическая видоспецифичность ив // Экология. 1991. № 6. С. 3–6.

Кулагин А.Ю. Эколо-биологические особенности ивовых в связи с техногенезом и оптимизацией нарушенных ландшафтов (на примере рода *Salix* L.). Автореф. дисс... докт. биол. наук. ИЭРЖ РАН. Екатеринбург, 1994. 35 с.

Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М: Наука, 1974. 126 с.

Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М.: Наука, 1980. 116 с.

Кулагин Ю.З. Индустріальна дендроекологія і прогнозування. М.: Наука, 1985. 118 с.

Кулагін А.Ю. Порівняльна фітотоксичність газів що до видів роду *Salix* // Інтродукція та акліматизація рослин на Україні. В. 23. Київ: Наукова думка, 1983. С. 9–12.

Куликов Г.В. Значеніе конституційних предадаптацій при інтродукции деревесных растений // Бюл. Никит. ботан. сада. 1987. № 62. С. 28–32.

Куприянов А.Н. Биологическая рекультивация отвалов в субаридной зоне. Алма-Ата: Наука, 1989. 112 с.

Куражковский Л.Н. О затопленных лесах Рыбинского водохранилища // Рыбинское водохранилище. Изменение природы прибрежий водохранилища. Ч. 1. М.: МОИП, 1953. С. 12–20.

Курсанов А.Л. Определение различных форм дубильных веществ в растениях // Биохимия. 1941. Т. 6, № 3. С. 312–325.

Курсанов А.Л. Превращение дубильных веществ у ив в период весеннего роста // Биохимия. 1947. Вып. 5. С. 421.

Куртева М.К. Биологические особенности древесных растений в условиях промышленного загрязнения атмосферы в лесостепной зоне Украины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. КГУ. Киев, 1982. 24 с.

Кутова Т.Н. Формирование водной и прибрежной растительности на Рыбинском водохранилище // Рыбинское водохранилище. Изменение природы прибрежий водохранилища. М.: МОИП, 1953. С. 51–83.

Кучеров Е.В., Байков Г.К., Гуфранова И.Б. Полезные растения Южного Урала. М.: Наука, 1976. 263 с.

Кучеров Е.В., Федорако Б.И. Влияние промышленных загрязнений на растительность Башкирской АССР // Растительность и промышленные загрязнения. Вып. 4. Свердловск, 1964. С. 163–168.

Лавренко Е.М. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР // Ж. общей биологии. 1971. Т. 32, № 4. С. 395–408.

Лала И.К. Фенольные соединения и дифференциация пола у малых древесных растений // Проблемы физиологии и биохимии древесных растений: Тез. докл. III Всесоюз. конф. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР, 1989. С. 177–178.

Лапа И.К., Бутко С.А. Динамика содержания органических кислот в генеративных органах осины // Пол у растений и гетерозис. Рига: Латв. госуниверситет, 1979. С. 68–77.

Лапин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесная промышленность, 1979. 224 с.

Левицкий И.И. Ива и ее использование. М.: Лесная промышленность, 1965. 97 с.

Ленинджер А. Биохимия. М.: Мир, 1976. 957 с.

Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А.Алексеева. Л.: Наука, 1990. 200 с.

Лесовосстановление на промышленных отвалах Предуралья и Южного Урала. А.А.Баталов, Н.А.Мартынов, А.Ю.Кулагин, О.Б.Горюхин / БНЦ УрО АН СССР. Уфа, 1989. 140 с.

Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1974. 424 с.

Лихолат Ю.В., Мыльникова Л.И., Василенко Е.А. Биометрические показатели растений, произрастающих в условиях загрязнения среды углеводородами. Днепропетровск, 1988. 19 с.

Лобанова М.В. Отношение некоторых древесных пород к затоплению // Учен. зап. Казан. ун-та, 1955. Т. 15, кн. 5. С. 95–110.

Ломакин А.Г. Повышение продуктивности пойменных лесов Астраханской области // Бюл. ВНИИ агролесомелиорации. 1983. № 1/40. С. 61–65.

Луга и травянистые болота / Л.А.Соколова, Е.В.Шифферс, Л.Е.Родин, А.Н.Лукачева // Растительный покров СССР. Пояснительный текст к "Геоботанической карте СССР". Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 475–552.

Лукьянец А.И. Закономерности естественного облесения промышленных отвалов Свердловской области // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 241–249.

Лукьянец А.И. Биорекультивационное районирование Урала // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов. Свердловск, 1979. С. 66–78.

Лукьянец А.И. Распространение семян древесных растений на промышленных отвалах Урала // Экология. 1982. № 2. С. 80–83.

Любинский Н.А. Материалы к эволюционной физиологии устьичного аппарата эпидермиса и некоторых других структур листа // Проблемы эволюционной физиологии растений (Материалы симпозиума). Л.: Наука, 1974. С. 31–33.

Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части СССР. М.; Л.: Сельхозгиз, 1954. 912 с.

Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Биоморфологическая эволюция в экстремальных условиях как активный процесс // Тезисы докл. VII делегатск. съезда ВБО. Л.: Наука, 1983. С. 4–5.

Маковский В.И., Новак Н.Б. Ботаническая и агрохимическая характеристика выработанных торфяных карьеров Лосиновского торфопредприятия (Свердловская область) // Растения и промышленная среда. Вып. 3. Свердловск, 1974. С. 175–189.

Мальков Ю.Г. Пылезадерживающая способность городских зеленых насаждений // Известия вузов. Лесной журнал. 1986. № 6. С. 113–115.

Мамаев С.А. Устойчивость декоративных растений и системы озеленения территории медеплавильных заводов Урала // Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме "Растительность и промышленные загрязнения". Свердловск, 1969. С. 37–41.

Мамаев С.А., Шилова И.И. Антропогенные ландшафты нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья и некоторые направления их экологической оптимизации // Растения и промышленная среда. Вып. 4. Свердловск, 1976. С. 22–30.

Мандре М.А. Влияние кислых и щелочных осадков на развитие и болезнестойчивость роз и бегоний // Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями: Тез. докл. Первого советско-американского симпозиума по проекту 02.03.21. Таллин, 1982. С. 128–131.

Марков М.Р., Фирсова М.И. Древесно-кустарниковая растительность пойм рек Волги и Камы в пределах ТАССР // Флора и растительность пойм рек Волги и Камы в пределах Татарской АССР. Ч. 2. Ученые записки КГУ. 1955. Т. 115, кн. 5. С. 5–94.

Мартыненко В.А. Естественное зарастание техногенных участков на Приполярном Урале // Ботанический ж. 1986. Т. 71, № 12. С. 1663–1668.

Марценюк В.Б. Зависимость повреждаемости листьев растений от концентрации газа и экспозиции опыта // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 178–179.

Массель Г.И., Швец М.М., Кондрашов В.В. Аминокислотный обмен у хвойных в условиях промышленного загрязнения и энтомоинвазий // Экология. 1988. № 4. С. 71–72.

Махнев А.К., Мамаев С.А. Методы интродукции растений в связи с созданием искусственных фитоценозов в условиях техногенных ландшафтов // Тез. докл. VI делегатск. съезда ВБО. Л.: Наука, 1978. С. 177–179.

Махнев А.К., Мамаев С.А. Итоги исследований по проблемам создания защитных и декоративных зеленых насаждений в условиях медеплавильных заводов на Урале // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов. Свердловск, 1979. С. 3–47.

Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на отвалах Баженовского месторождения асбеста при их самозарастании // Растения и промышленная среда. Вып. 6. Свердловск, 1979. С. 82–101.

Махонина Г.И. Химический состав растений на промышленных отвалах Урала. Свердловск: УрГУ, 1987. 176 с.

Махонина Г.И., Чибрик Т.С. К характеристике начальных этапов почвообразования при естественном зарастании отвалов Веселовского буроугольного месторождения // Растения и промышленная среда. Вып. 5. Свердловск, 1978. С. 72–83.

Мелехов И.С. Многостороннее значение леса и использование его защитной роли // Доклады советских ученых на межд. симп. по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М.: Госкомитет лесного хозяйства Совета Министров СССР. 1970. С. 95–108.

Мигунова Е.С. Лесонасаждения на засоленных почвах. М.: Лесная промышленность, 1978. 144 с.

Минеева О.Н. Особенности роста и структуры побегов ивы монетолистной в связи с оценкой продуктивности тундровых сообществ // Продуктивность и рациональное использование растительности Урала. Свердловск, 1980. С. 132–138.

Минина Е.Г., Третьякова И.Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск: Наука, 1983. 199 с.

Минченко Н.Ф. Декоративные формы некоторых видов рода *Salix* L., перспективных для использования в зеленом строительстве // Интродукция и акклиматизация деревьев и кустарников, выращивание новых сортов. Киев, 1989. С. 58–647.

Митрофанов Д.П. Химический состав лесных растений Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 120 с.

Михайлова В.П. Дубильные растения флоры Казахстана и их освоение. Алма-Ата, 1968. 324 с.

Михайлова Т.А. Влияние фтористых соединений на хвойные деревья (патофизиология, резистентность и подбор устойчивых форм): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СИФИБР СО АН СССР Иркутск, 1985. 22 с.

Михеенко И.П. Активность аскорбинатоксидазы в листьях тополя канадского в условиях промышленного загрязнения // Интродукция и акклиматизация растений (Киев). 1989. № 12. С. 68–71.

Моисеев Б.Н., Рубцов М.В. Леса в пойме р. Вычегды, их размещение и динамика // Лесоведение. 1980. № 1. С. 12–20.

Молотковский Ю.И. Водный режим ивы плотносережчатой (*Salix pycnostachya* Anderss.) в среднегорьях Центрального Таджикистана // Известия АН Тадж. СССР. Отд-ние биол. наук. 1986. № 2. С. 33–38.

Молчанов А.А. Влияние леса на внешнюю среду. М.: Наука, 1973. 358 с.

Мороз П.И. Влияние сооружения водохранилищ на р. Днепр на лесную растительность в его среднем течении (в пределах степной зоны) // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. Куйбышев, 1983. С. 24–35.

Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 455 с.

Морозов И.Р. Ивы СССР, их использование и применение в защитном лесоразведении. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. 168 с.

Морозов И.Р. Определитель ив и их культуры. М.: Лесная промышленность, 1966. 254 с.

Морякина В.А. К изучению растительных ресурсов Томской области // Бюллетень Сибирского ботанического сада. Вып. 10. ТГУ. Томск, 1976. С.10–15.

Моторина Л.В. Итоги и задачи биологической рекультивации в охране и возобновлении земельного фонда // Научное обеспечение работ по землеустройству и земельному кадастру: Тез. докл. Всес. семинара. Ч. 2. М., 1987. С. 40–51.

Моторина Л.В., Ижевская Т.И. Сравнительная характеристика растительного покрова на отвалах открытых разработок бурого угля и железной руды // Растения и промышленная среда. Вып. 8. Свердловск, 1980. С. 80–87.

Неверова Л.А. К вопросу о географическом и топографическом распространении ив Северного Прикаспия // Материалы по флоре

и растительности Северного Прикаспия. Вып. 3, ч. 1. Л., 1968. С. 38–46.

Неверова Л.А. К вопросу о танидности некоторых видов ивы Северного Прикаспия // Растительные ресурсы. 1969. Т. 5, вып. 2. С. 281–285.

Неверова Л.А. Соотношение разнополых особей и содержание в них танидов у некоторых видов ивы в окрестностях Уральска // Растительные ресурсы. 1971. Т. 7, вып. 1. С. 77–80.

Нечаев А.П. Семенное возобновление ивовых на галечниках р. Буреи // Лесоведение. 1967. № 1. С. 54–63.

Никитин А.П., Спирина А.Г. Роль лесных насаждений в защите водоемов от заилиения и загрязнения // Водные ресурсы. 1985. № 1. С. 109–114.

Никитин И.Ю. Проблема индустриальной дендрологии и нефтехимического производства // Дендрология, техногенез, вопросы охраны природы. БФАН СССР. Уфа, 1987. С. 16–26.

Никитин С.А. Особенности усыхания лесов в пойме низовьев р. Урала // Итоги научных исследований по лесоведению и лесной биогеоценологии. Вып. 2. М., 1974. С. 29–30.

Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.

Николаевский В.С., Фигнер В.В., Белокрылова Л.М. Световой метаболизм углерода-14 у декоративных растений и его роль в газоустойчивости растений // Газоустойчивость растений. Вып. 2. Пермь, 1971. С. 55–92

Николаевский В.С., Харчистова Е.А. Влажность воздуха и газоустойчивость растений // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. Секция 1. Защита леса и охрана живой природы: Тез. докл. М.: МЛТИ, 1987. С. 10–11.

Николаевский В.С., Чернышенко О.В. Экологические основы регуляции чистоты атмосферного воздуха (лесными насаждениями) // Экология и защита леса. Л., 1989. С. 8–13.

Николаенко В.Т. Лесные насаждения и защита водохранилищ // Лесное хозяйство. 1978. № 7. С. 40–46.

Нильсон Э.М., Мартин Л.Н. Эпифитные лишайники в условиях кислого и щелочного загрязнения // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. II. Таллин: АН ЭССР, 1982. С. 88–100.

Нинова Д., Душкова П. Метод листовой диагностики среды // Проблемы фонового экологического мониторинга: Итоги сотрудничества стран – чл. СЭВ по проблеме: Глобальная система мониторинга окружающей среды. 2 Шк. биол. мониторинга. София, 1987. С. 55–64.

Новоженов Ю.И. Полиморфизм и микроэволюция // Онтогенез, эволюция, биосфера. М., 1989. С. 144–156.

Носырев В.И. Жизнеспособность сосновых насаждений, ослабленных вредным воздействием магнезитовой пыли и роль стволовых вредителей в их усыхании // Растительность и промышленные загрязнения. Вып. 5. Свердловск, 1966. С. 53–57.

О первичном почвообразовании на естественно застраивающих отвалах Байдаевского угольного разреза / С.А.Таранов, И.Л.Клевенская, В.И.Щербатенко и др. // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 195–204.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

Олиker Б.С. Транспирация однолетних побегов древесных растений в осенне-зимне-весенний период // Экология древесных растений. Минск: Наука и техника, 1965. С. 125–133.

Ореховский А.Р. Рост и развитие ивы белой и осокоря в условиях длительного затопления // Повышение продуктивности лесов и эффективности агролесомелиоративных насаждений. Киев: Госиздатсельхозлит УССР, 1962. С. 87–93.

Острикова В.М. Проверка метода сравнительной оценки засухоустойчивости некоторых хвойных пород // Тр. ботан. садов АН Каз. ССР. 1966: Вып. 9. С. 119–121.

Острикова В.М. Определение газоустойчивости, пылеосаждающей способности и фитонцидных свойств растений // Методики интродукционных исследований в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1987. С. 72–75.

Павловский Е.С., Муха Т.П. Оздоровление окружающей среды агроландшафтов с помощью защитного лесоразведения // Вестник с.-х. науки. 1990. № 8. С. 83–87.

Парлан В.И., Юхимчук Г.В. Накопление хлора листьями древесных и кустарниковых пород // Лесоводство и агролесомелиорация. Киев. 1984. № 68. С. 36–38.

Парfenов В.И., Мазан И.Ф. Ивы Белоруссии. Таксономия, фитоценология, ресурсы. Минск, 1986. 167 с.

Первухин Ф.С. Дубильные растения и введение их в культуру. Новосибирск, 1963. 191 с.

Пикалова Г.М., Серая Г.П., Никулина М.В. Структура и производительность растительных сообществ на золотоотвалах центральной части Восточно-Европейской платформы // Растения и промышленная среда. Вып. 4. Свердловск, 1976. С. 31–46.

Пикалова Г.М., Левит С.Я., Шевчук В.Г. Интенсификация использования земель на карьерах Бакальского рудоуправления // Почвообразование в антропоценовых условиях. Свердловск: УрГУ, 1981. С. 109–117.

Плюто К.Б., Пальчик Е.В. Ассимиляционный аппарат некоторых древесных пород в условиях городской среды // Интродукция и эксперим. эколог. раст. Днепропетровск, 1985. С. 33–40.

Погосов Н.П., Погосов П.Г. Побегообразовательная способность некоторых видов ив южной части Средней Сибири // Искусственное лесовосстановление в Сибири. Красноярск, 1987. С. 10–15.

Полонская Л.С. Аккумуляция техногенной пыли полезащитных лесных полос / Тр. Среднеаз. НИИ лесного хозяйства. 1989. № 27. С. 117–119.

Полякова А.И. Определение пола у тополя черного по морфологическим признакам // Научно-исследовательские работы молодых ученых. Вып. 39. Волгоград, 1962. С. 105–109.

Понерт И. Механизмы микроэволюции покрытосеменных растений (Magnoliophyta), их экологические аспекты: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: Изд-во МГУ, 1979. 45 с.

Понятия, термины, методы и оценка результатов работы по интродукции растений. АН СССР, Совет ботанических садов СССР. Утверждено на сессии Совета ботанических садов СССР в Кишиневе 29.1Х.1971 г. 11 с.

Попов В.А., Негруцкая Г.М., Шишмарева А.Т. Сравнительная газоустойчивость древесных растений (путем фумигации в камере) // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука. 1980. С. 41–51.

Попов Г.В. Леса Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1980. 144 с.

Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 119 с.

Природные ресурсы Башкирии и их охрана. Уфа: Башкнигоиздат, 1975. 207 с.

Приходько Н.Н. Защита водоемов от загрязнения стоками сельскохозяйственных угодий // Агрохимия. 1981. № 4. С. 95–102.

Промышленная ботаника / Е.Н.Кондратюк, В.П.Тарабрин, В.И.Бакланов и др. Киев: Наукова думка, 1980. 260 с.

Протопопова Е.Н. Газоустойчивость древесных растений в Средней Сибири // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 74–85.

Размножение селекционно ценных древесных растений стеблевыми черенками / И.И.Даньшин, С.А.Казадаев, В.Ф.Харитонов, А.С.Сахова // Лесное хозяйство. 1984. № 3. С. 44–46.

Растительные ресурсы СССР. Л.: Наука, 1986. 336 с.

Рахимбаев И.Р., Дашкевич А.П. Фенологическая и структурная адаптация растений к загрязнению атмосферы промышленными газами // Роль растений в оздоровлении воздушного бассейна городов Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 5–19.

Рачковский М. Особенности адаптации к уровню загазованности различных по газоустойчивости видов растений // Физиологическая устойчивость растений к неблагоприятным природным факторам. Иркутск, 1981. С. 35–38.

Рева М.Л., Бакланов В.И. Динамика естественного зарастания терриконов Донбасса // Растения и промышленная среда. Вып. 3. Свердловск, 1974. С. 109–115.

Рекультивация земель, нарушенных промышленностью на Урале и в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири / А.И.Лукьянец, И.И.Шилова, М.Н.Прокопьев и др. // Рациональное использование лесов Урала и сохранение их средообразующей роли. Свердловск, 1976. С.70–72.

Рогинская Е.Я., Красинская А.Л. О содержании танидов в листьях некоторых видов р. Salix при повреждении их листоедами // Растительные ресурсы. 1986. Т. 22, вып. 4. С. 537–541.

Рубцов М.В. Целесообразная структура лесных насаждений в поймах рек средней тайги Европейского Севера / Науч. тр. Моск. ЛТИ. 1990. № 234. С. 56–63.

Рубцов М.В., Салмина Ю.Н. Формирование придаточных корней ив в аллювиальных отложениях Вычегды // Лесоведение. 1982. № 2. С. 37–43.

Рудой А.И. К вопросу о таксации лозовых насаждений // Тр. Днепропетровского СХИ. Днепропетровск, 1948. С. 297–301.

Русанов Ф.Н. Теория и опыт переселения растений в условиях Узбекистана. Ташкент: Фан, 1974. 109 с.

Рябинин В.М. Лес и промышленные газы. М.: Лесная промышленность, 1965. 93 с.

Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 512 с.

Сабинин Д.А. Физиология развития растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 196 с.

Савельева Л.С. Долговечность деревьев и кустарников в защитных лесополосах сухой степи Алтайского края // Лесохозяйственная информация. Реферативный вып. 22, 1976. С. 21–23.

Сагитов С.И. Некоторые вопросы зарастания кипров и формирования зарослей ивы джунгарской в низовьях Аму-Дарьи // Вестник Каракалпакск. фил. Узб. ССР. 1962. № 2(8). С. 36–39.

Сагитов С.И. Биологическое соответствие сезонного роста и развития некоторых видов рода ива (*Salix L.*) сезонному распределению стока рек // Растительные ресурсы низовьев Аму-Дарьи. Ташкент: Фан, 1967. С. 82–138.

Сарсенбаев К.Н., Беков А.А. Влияние сернистого газа на активность и компонентный состав пероксидазы кленов и можжевельников // Роль растений в оздоровлении воздушного бассейн городов Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 19–29.

Секретарева Н.А. Характеристика ассоциаций кустарниковых ив сырых и влажных местообитаний (восток Чукотского полуострова) // Ботанический ж. 1992. Т. 77, № 9. С. 51–64.

Сергейчик С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. Минск: Наука и техника, 1984. 168 с.

Сиволапов А.И. Благодарова Т.А. О половом диморфизме тополей // Некоторые вопросы генетики и селекции древесных растений. 1980. Воронеж, 1981. С. 133–137.

Сидоров А.И. Танидные ивы. М.: Лесная промышленность, 1978. 119 с.

Сидорович Е.А., Гетко Н.В. Устойчивость интродуцированных растений к газообразным соединениям серы в условиях Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1979. 72 с.

Сидорович Е.А., Гетко Н.В. Белковый и специфический метаболизм – основа формирования толерантности растений в техногенной среде // 2 съезд Всес. о-ва физиологов растений: Тез. докл. Ч. 2. М., 1992. С. 192.

Синельщиков Р.Г., Шведченко О.В. Эколо-ценотическая обусловленность полового диморфизма у ясения зеленого // Экология. 1986. № 6. С. 70–72.

Система рекомендаций по ведению лесного хозяйства в Башкирской АССР / Под ред. М. Х. Абдулова. Уфа: Башкнигоиздат, 1976. 376 с.

Ситникова А.С. Об изучении физиологических показателей древесных и кустарниковых пород в связи с газо- и дымоустойчивостью // Растительные и промышленные загрязнения. Вып. 5. Свердловск, 1966. С. 39–44.

Скворцов А.К. Коллекция видов ивы в Ботаническом саду Московского государственного университета // Бюллетень ГБС. 1961. Вып. 40. С. 9–16.

Скворцов А.К. Ивы СССР. М.: Наука, 1968. 262 с.

Скворцов А.К. Современное распространение и вероятный первичный ареал ломкой ивы (*Salix fragilis* L.) // Проблемы биогеоценологии, геоботаники и ботанической географии. Л.: Наука, 1973. С. 263–280.

Смалюкас Д.Ю. Ивы Литвы, их биология и биохимическая характеристика // Тр. АН ЛитСССР, 1967, № 1 (42). С. 79–92.

Смалюкас Д.Ю. Некоторые результаты изучения биологии семенного и вегетативного размножения ив // Полезные растения Прибалтийских республик и Белоруссии. Вильнюс, 1973. С. 166–172.

Смалюкас Д., Лапинскене И. Ивы и их распространение на косе Кургию-Нярпя // Фитогеографическая, флористическая, геоботаническая характеристика приморской растительности. Вильнюс, 1976. С. 133–135.

Смирнов И.А. Интродукция древесных пород в пустынной зоне. Алма-Ата: Кайнар, 1972. 144 с.

Смирнов И.А. Деревья и кустарники для озеленения промышленных площадок на серо-бурых засоленных почвах // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 180–181.

Смоляк Л.П., Бережная Л.И. Влияние экологических условий на содержание свободных аминокислот в хвое // Лесоведение и лесное хозяйство. 1988. Вып. 23. С. 8–11.

Соколов Н.А. Исследование некоторых форм ивы пурпурной на образование корзиночного прута // Лесная геоботаника и биология древесных растений. Брянск, 1984. С. 99–102.

Соколов С.Я., Связева О.А. Деревья и кустарники СССР. М.; Л.: Наука, 1965. 265 с.

Сродных Т.Б., Меньшиков С.Л. Рост лесных культур в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения / Ин-т леса УрО РАН. Екатеринбург, 1992. С. 87–92.

Старова Н.В., Еременко Е.А. Сексуализация тополей // Бюллентень ГБС, 1970. Вып. 75. С. 31–37.

Строгонов Б.П. Физиологические основыcoleустойчивости растений (при разнокачественном засолении почвы). М.: Изд-во АН СССР, 1962. 366 с.

Структура и функция клеток при засолении / Б.П.Строгонов, В.В.Кабанов, Н.И.Шевякова и др. М.: Наука, 1970. 318 с.

Субоч Г.Н. Содержание танидов в коре *Salix caprea* L. в зависимости от пола и возраста деревьев // Растительные ресурсы. 1985. Т. 21, вып. 1. С. 73–77.

Субоч Г.Н. Введение высокотанидных ив в культуры сосны // Лесное хозяйство. 1987. № 8. С. 54–56.

Субоч Г.Н. Содержание дубильных вещества у видов *Salix* L. (Новосибирская область) // Растительные ресурсы. 1988. Т. 24, вып. 4. С. 610–614.

Сукачев В.Н. О некоторых новых засухоустойчивых ивах // Докл. АН СССР. 1952. Т. 84, № 2. С. 349–352.

Сукачев В.Н. О позднепойменных экотипах ив // Докл. АН СССР. 1953. Т. 92, № 3. С. 675–678.

Сукачев В.Н. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1966. 333 с.

Супука Я. Накопление фтора в ассимилятивных органах древесных растений в городских зеленых насаждениях // Интродукция древесных растений и зеленое строительство. Киев, 1988. С. 115–120.

Тамм Ю.А. Морфометрия листьев мужских и женских деревьев осины // Лесоведение. 1979. № 3. С. 41–50.

Тарабрин В.П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнителям // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 18–29.

Тарабрин В.П. Адаптация растений в условиях индустриальной среды // Всес. Совещ. по вопр. адаптации древесных растений к

экстремальным условиям среды. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР, 1981. С. 125–126.

Тарабрин В.П., Игнатенко А.А. О некоторых адаптивных изменениях в аминокислотном обмене растений в период последействия фенола // Дендроэкология, техногенез, вопросы охраны природы / БФАН СССР. Уфа, 1987. С. 70–77.

Таран И.В., Агапова А.М. Пейзажные группы для рекреационного строительства. Новосибирск: Наука, 1981. 241 с.

Тарчевский В.В. Влияние дымо-газовых выделений промышленных предприятий Урала на растительность // Растительность и промышленная среда. Свердловск, 1964. С. 5–69.

Тарчевский В.В. О выделении новой отрасли ботанических знаний – промышленной ботаники // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1970. С. 5–9.

Тарчевский В.В., Зайцева Л.К. Особенности развития растений на асбестовых отвалах // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1964. С. 198–206.

Тарчевский В.В., Чибрик Т.С. Естественная растительность отвалов при открытой добыче каменного угля в Кузбассе // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1970, вып. 2. С. 65–77.

Тарчевский И.А. Фотосинтез и засуха / КГУ. Казань, 1964. 18 с.

Тахаев Х.Я. Природные условия и ресурсы Башкирской АССР // Уфа: Башкнигоиздат, 1959. 296 с.

Тахтаджян А.Л. Вопросы эволюционной морфологии растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1954. 214 с.

Тахтаджян А.Л. Система и филогения цветковых растений. М.; Л.: Наука, 1966. 611 с.

Терехова Э.Б., Ланина Р.И., Фоменко Л.В. Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974, вып. 3. С. 162–174.

Тихменев Е.А. К антэкологии некоторых видов *Salix* в арктической тундре о. Врангеля // Ботанический ж. 1973. Т. 58, № 8. С. 1209–2116.

Тихомиров Б.А. Пути и формы приспособления растений к среде Крайнего Севера // Проблемы биогеоценологии, геоботаники и ботанической географии. Л.: Наука, 1973. С. 288.

Той Т.Дж. Географические аспекты рекультивации земель, нарушенных поверхностными разработками в Соединенных Штатах

Америки // Географические аспекты взаимодействия хозяйства и окружающей среды. М., 1987. С. 120–127.

Томкус И. Зависимость сроков цветения некоторых древесных растений от полного оттаивания почвы / Науч. тр. вузов Лит. ССР. 1980. Т. 16. С. 13–22.

Туровцев М.М. Водная эрозия почв в Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1958. 76 с.

Ужегова И.А., Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на отвалах Полunoчного и Высокогорского железорудных месторождений // Почвообразование в антропогенных условиях. Свердловск: УрГУ, 1981. С. 60–70.

Усманов А.У. Ивы Средней Азии и Казахстана // Дендрология Узбекистана. Т. 5. Ташкент: Фан, 1973. С. 193–240.

Фаткуллин Р.А., Латыпова Э.Б. Антропогенные изменения природы Башкирии // Природное районирование и проблемы охраны природы. Уфа, 1986. С. 82–85.

Ферсман А.Е. Избранные труды. Т. IV. М.: Изд-во АН СССР. 1958. 588 с.

Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей / В.П. Тарабрин, Е.Н. Кондратюк, В.Г. Башкатов и др. Киев: Наукова думка, 1986. 216 с.

Фролов А.К. Изменение фотосинтетического аппарата некоторых древесных пород в условиях городской среды // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 172–1737.

Хамидуллина М.В. Формирование растительных группировок на золотоотвале Южно-Кузбасской ГРЭС в различных вариантах опыта // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1970. С. 78–95.

Харчистова Е.А. Изменение содержания пигментов в листьях злаковых растений под влиянием SO₂ при различных условиях освещения // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 109–116.

Хлонов Ю.П., Пушкирев Г.Н., Кузьмин В.И. Ивы южной части Западно-Сибирской равнины и содержание в них дубильных веществ // Растительные ресурсы. 1975. Т. 11, вып. 4. С. 544–551.

Хохряков А.П. Закономерности эволюции растений. Новосибирск: Наука, 1975. 200 с.

Хохряков А.П. Эволюция биоморф растений. М.: Наука, 1981. 167 с.

Цельникер Ю.Л. Скорость потери воды изолированными листьями древесных пород и устойчивость их к обезвоживанию // Тр. Ин-та леса АН СССР, 1955. Т. 27. С. 6–28.

Чайкина Г.М., Объедкова В.А. Эколого-биологические основы лесной рекультивации отходов обогащения металлургического сырья // Пром. ботаника: Состояние и перспективы развития: Тез. докл. респ. науч. конф. Киев, 1990. С. 237–238.

Чевредини С.Х. Дубильные растения Средней Азии. Ташкент, 1965. 330 с.

Чекой В.Н., Андон К.И. Влияние выбросов Молдавской ГРЭС на древесную растительность // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду: Тез. докл. Пущино, 1984. С. 213–215.

Чекой В.Н., Настас Ф., Гаршня Л.Я. Изучение накопления септы и золы в листьях некоторых древесных растений в условиях промышленного загрязнения // Экология и физиология растений водных и наземных биоценозов. Вопросы биологии и охраны природы. Кишинев, 1983. С. 85–88.

Чекризов Е.А., Цветков В.Ф. Использование интродуцентов при рекультивации земель, нарушенных воздействием промывбросов на Кольском полуострове // Вопросы интродукции хозяйственновидных древесных пород на Европейском Севере. Архангельск, 1989. С. 144–148.

Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.

Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в течение вегетации / Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та. М., 1985. № 167. С. 102–104.

Чернышенко О.В. Поглощение сернистого газа древесными растениями при постоянном и периодическом действии его / Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та. М., 1986. № 184. С. 71–74.

Черствин В.А. Заготовка и хранение семян ольхи, ветлы и вяза // Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 1. Киев: Урожай, 1965. С. 3–12.

Чертов О.Г. Влияние сернистых загрязнений на свойства лесных почв // Взаимодействие лесных экосистем в атмосферных загрязнителях. Ч. 2. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982. С. 101–136.

Чуваев П.П., Кулагин Ю.З., Гетко Н.В. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений. Минск: Наука и техника, 1973. 56 с.

Чумаков В.В., Даньшин И.И., Казадаев С.А. Размножение и создание плантаций высокотанидных ив // Лесное хозяйство. 1983. № 10. С. 43–48.

Шабуров В.И. О зимостойкости и быстроте роста ив в молодом возрасте в условиях города Свердловска / Тр. ин-та биологии УФАН СССР. Вып. 31. Свердловск, 1963. С. 33–57.

Шабуров В.И. Опыт интродукции декоративных ив на Урале методом отдаленной гибридизации // Всесоюз. конф. по теоретическим основам, интродукции растений: Тез. докл. М., 1983. С. 195.

Шабуров В.И., Беляева И.В. Изменчивость и динамика накопления танидов в коре некоторых видов ив // Исследование форм внутривидовой изменчивости растений / УНЦ АН СССР. Свердловск, 1981. С. 100–105.

Шабуров В.И., Беляева И.В. Сравнительный анализ технических качеств прута *Salix viminalis* L. в насаждениях на Среднем Урале // Растительные ресурсы. 1991. Т. 27, № 4. С. 99–102.

Шапринская В.Н. Очистка загрязнений воздуха в металлургии. М.: Металлургия, 1965. 180 с.

Шаталов В.Г., Трещевский И.В., Якимов И.В. Пойменные леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 160 с.

Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР. 1956. 552 с.

Шварц С.С. Эволюция естественных и урбанизированных ландшафтов // Методические основы теории преобразования биосферы. Свердловск, 1975. С. 201–203.

Шелл Ю. О развитии пигmenta въ корняхъ некоторыхъ видовъ *Salix*. Приложеніе къ протоколу 95 засъданія Общества Естествоиспытателей при Императорскомъ Казанскомъ Университетѣ. Казань: Типографія Императорского Университета, 1877. С. 3–9.

Шепелевич В.В. Обзор насекомых, трофически связанных с хвойными Башкирии // Экология хвойных. Уфа, 1978. С. 149–156.

Шилов И.А. Биологические проблемы гомеостаза биосферы // Ж. общей биологии. 1988. Т. 49, № 2. С. 166–173.

Шилова И.И. Естественное зарастание породных отвалов некоторых предприятий цветной металлургии Урала и Сибири // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 165–172.

Шилова И.И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья // Экология. 1977. № 6. С. 5–14.

Шкорбатов Г. Этюды общей теории адаптации // Эволюционно-физиологические и эколого-фаунистические аспекты адаптации животных. Иваново, 1986. С. 3–24.

Шлыков Г.Н. Дубильные растения СССР. М.; Л., 1932. 190 с.

Шмальгаузен И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса. М.: Наука, 1983. 360 с.

Шредеръ Р.И. Ива, какъ утилитарное и декоративное растение // Издание газеты "Садъ и огородъ". Москва. Высочайше утвержденное Т-ство "Печатня С.П. Яковлева". Петровка, Салтыковский пер., № 9. 1890. 31 с.

Шульга В.Д., Максимов А.Н. Влияние затопления почв Волго-Ахтубинской поймы на состояние лесов // Почвоведение. 1991. № 1. С. 105–110.

Шульгин И.А. Эволюционные аспекты адаптации растений к солнечной радиации // Проблемы эволюционной физиологии растений (материалы симпозиума). Л.: Наука, 1974. С. 79–81.

Юлдашев А.Ю. Биоморфологические различия мужских и женских особей туранговых тополей // Узбекский биологический ж. 1985. № 3. С. 34–37.

Юсуфов А.Г. Эволюция онтогенеза и индивидуальности у растений // Проблемы эволюционной физиологии растений (материалы симпозиума). Л.: Наука, 1974. С. 96–98.

Юсуфов А.Г. Итоги и перспективы изучения процессов регенерации в онтогенезе растений // Процессы регенерации в онтогенезе растений. Махачкала, 1991. С. 3–217.

Яговой П.Н., Шенdevицкий В.И., Ивчук Н.Н. К вопросу о задержке радиоактивной пыли зелеными насаждениями // Гигиена и санитария. 1966. № 7. С. 88–90.

Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды / Тр. 3 Всес. совещ. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 172 с.

Яқадин А.И., Егоров Б.А. Растительные дубильные материалы. М., 1969. 171 с.

Ястребов А.Б. О характере развития ивовых кустов на лугу // Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1989. № 3. С. 49–54.

Ястребов А.Б., Илатов В.С. Формирование ивняками элементов микроклимата // Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1991. № 2. С. 54–59.

Яценко В.М., Николаевский В.С. Рекомендации по озеленению промышленных предприятий // Газоустойчивость растений. Пермь, 1975, вып. 3. С. 113–121.

Коларов Д., Цанов Ц., Калчев П. Тополови и върбови култури за интензивно производство на дървесина // Горско стопанство. 1980. 36, № 10. С. 43–48.

Нинова Д., Ганчева Е. Морфолого-анатомични промени на растения под влияние на замърсители от циментово производство // Горскоспоп. наука. 1984. 21, № 3. С. 3–14.

Accumulation of metals in Salicaceae leaves and ecological optimization of the roadside areas. A.A.Batalov, I.R.Kagarmanov, R.Kh.Giniyatullin, A.M.Ermolaev, R.N.Salikhova, A.Yu.Kulagin // Problems of Urboecology and Phytomelioration. Lvov, 1991. P. 39.

*Application of the ANE value and the of particular elements in this value for appraising the state of supplying pine trees (*Pinus silvestris* L.) with the nutrient elements.* A.Ostrowska, Z.Szczubialka, S.Gawlinski, M.Paul // Ann. Warsaw Agr. Univ. SGGW-AR: Forestry Wood Technol. Warsaw. 1988. № 37. P. 31–40.

Applied Science Association. The United States Environmental Protection Agency. Diagnosing Vegetation Injury Caused by Air Pollution. 1976. 169 p.

Axtmann R.C. Environmental impact of a geothermal power plant // Science. 1975. V. 187, № 4179. P. 795–803.

Augros R., Stanciu G. Systematic differentiation. A new evolutionary synthesis // Biol. Forum. 1987. V. 80, № 4. P. 531–556.

Babushkina L.G., Guseva G.C. Mechanism of adaptation and damage of arborescent plants under the impact of industrial pollution // Proc. 11 Int. Symp. "Embriology and Seed Reproduction", Leningrad, July 3–7, 1990. St. Petersburg. 1992. P. 61–62.

Barratt J. Salices Americanae. North American Willows // Middletown, Conn. MD CCCXL. 1840. P. 7.

Barnes B.V. The clonal growth habit of American aspens // Ecology. 1966. 47, № 3. P. 439–447.

Barton G.M. Definition of biomass sampler involving wood, bark and foliage // Biomass. 1984. V. 4, № 4. P. 311–314.

Bassmann J.H., Dickmann D.I. Effects of defoliation in the developing leaf zone young *Populus x eutamericana* plants. Part 1. Distribution of ^{14}C – photosynthate after devoliation // Forest Science. 1985. V. 317, № 2. P. 358–366.

Berndtsson R. Transport and sedimentation of pollutants in a River Reach: a chemical mass balance approach // Water. Resour. Res. 1990. V. 267, № 7. P. 1549–1558.

Beurton P.J. How is a species kept together ? // Biol. and Phil. 1995. V. 10, № 2. P. 181–196.

Biomass proguction and nutrient accumulation among 1-year-old willow clones growth in a "wood-grass" system. C.A.Nowak, R.F.Kopp, L.P.Abrahamson, E.H.White // Techn. bull. SUNY college of environm. sci. and forestry. Fac. of forestry. 1989. 18 p.

Bonduelle P. Intensive cultivation of timber in short rotations // Biomass Energy and Ind.: 5th Eur. Conf., Lisbon, 9-13 Oct., 1989. Vol. 1. L.; N. Y., 1990. P. 148–154.

Bonduelle P. Epoque de plantation: Recepage ou non en premiere annee d un taillis de salicacees // Ann. Rech. Sylvic. Paris. 1982. P. 253–288.

Burgess D., Hendrickson O.Q., Roy L. The importance of initial cutting size for improving the growth performance of *Salix alba* L. // Scand. J. Forest res. 1990. V. 5, № 2. P. 215–224.

Buschbom U. Salzschaden an Holzgewachzen // Mitt. dtsch. dendrd. Ges., 1973. S. 133–151.

Cadiz R.T., Los Santos M.A. Trees as biological control against air pollution // Canopy. 1982. V. 8, № 11. P. 77.

Cape J.N. Effects of air pollution on the chemistry of surface waxes of scots pine // Water, Air and Pollut. 1986. V. 31, № 1/2. P. 393–399.

Chakrabarti K. Effect of shoot reduction and contour trenching on salt coppice growth in laterite areas of West Bengal // Indian Forest. 1984. V. 110, № 3. P. 307–319.

Chakrabarti K., Raeymaekers B. Calcutta pollutants. P. III. Toxic metals in dust and characteristic individual aerosol particles // Int. J. Environ. Anal. Chem. 1989. V. 32, № 2. P. 121–1337.

Chakrabarti K., Van Vaeck L., Van Espen P. Calcutta pollutants. P. II. Polynuclear aromatic hydrocarbon and some metal concentration on air particulates during winter 1984 // Int. J. Environ. Anal. Chem. 1989. V. 32, № 2. P. 109–120.

Contributii la stabilirea metodelor de regenerare a salcelor in luna inundabila a Dunarii. C.Nicolae, G.Marcu, S.Lupisanchi, M.Manescu // Rev. Padurilor-Ind. lemn. Celuloza Ilirt. 1985. № 2. S. 68–74.

Chalupa V. Autovegetativni rozmnozovani listnatych drevinrzky // Lesnictyi. 1982. V. 28, № 1. S. 21–30.

Chamel A., Gambonnet B. Role de la cuticule des plantes dans le transfert des xenobiotiques dans l'environnement // Air Pollut. and Ecosist.: Proc. Int. Syst., Grenoble, 18–22 May, 1987. Dordrecht etc., 1988. P. 671–677.

Christodoulakis N.S., Fasseans C. Air pollution effects on the leaf structure of *Laurus nobilis*, an injury resistant species // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. 1990. V. 44, № 2. P. 276–281.

Collinson M.E. The early fossil history of Salicaceae: a brief review // Proc. Roy. Soc. Edinburg. B. 1991 (1992). V. 98. P. 155–167.

Davis M.M. Sprouting in response to environmental stress // Amer. J. Bot. 1989. V. 76, № 6. P. 84.

Dickmann L.I. Role of physiology in forest tree improvement // Silva fenn. 1991. V. 25, № 4. P. 248–256.

Dochinger L.S., Jensen K.F. Effects on chronic and acute exposure to sulphur dioxide on the growth of hybrid poplar cuttings // Environ. Pollut. 1975. № 9. P. 219–229.

Dominik J. Charakterystyka zagrożenia w Polsce polnocnoamerykańskich gatunków drzew iglastych przez rodzime owady i grzyby z unzglednieniem oddziaływania emisji przemysłowych na las // Zesz. nauk. SGGW AR Warsz. Les. 1979. № 27. S. 7–23.

Douglas D.A. Growth of *Salix setchelliana* on a Kluane River Point Bar, Yukcon Territory, Canada // Arct. and Alp. Res. 1987. V. 19, № 1. P. 35–44.

Douglas D.A. Clonal growth of *Salix setchelliana* on glacial river gravel bars in Alaska // J. Ecol. 1989. V. 77, № 1. P. 112–126.

Douglas D.A. Clonal structure of *Salix setchelliana* (gravel bar willow) in Alaska // Canad. J. Bot. 1991. V. 69, № 3. P. 590–596.

Eckersten H., Nilsson L.-O. Light absorption and willow production in Southern Sweden a case study // 19th World Congr. IUFRO. Montreal., 1990. P. 59–67.

Elias P. Contribution to the ecophysiological study of the water relation of forest shrubs // Preslia. 1979. V. 51, № 1. S. 77–99.

Elliot C.L., Mc Kendrick J.D. Strip mine reclamation and Alaska's big game wildlife // Agroborealis. 1991. V. 23, № 1. P. 41–44.

Enderlein H., Vogl M. Experimentelle Untersuchungen über die SO₂-Empfindlichkeit der Nadeln verschiedener Koniferen // Archiv für Forstwesen. Berlin. 1966. Bd. 15, H. 11/12. S. 1207–1224.

Galen D. Chlorophyll destruction by the Bisulfite-Oxygen System // Plant Physiol. 1977. V. 60, № 2. P. 277–281.

Garnier E., Berger A., Martin M. How to estimate leaf transpiration from water potential measurements? // Flora. 1988. V. 181, № 1/2. P. 131–135.

Garsed S.G., Rutter A.J. The relative sensitivities of conifer populations to SO₂ in screening tests with different concentrations of sulphur dioxide // Proc. 32nd Symp. Agric. Sci., Univ. Nottingham. 1980. P. 74.

Gilchrist A.N. Willow tolerance to oxadiazon // Proc. N. Z. Weed and Pest Contr. Conf. 1984. № 37. P. 213–215.

Goodrich S. Uta Flora: Salicaceae // Great Basin Natur. 1983. V. 43, № 4. P. 531–550.

Gresta J. Die Beschädigung des Assimilations-apparates der Kiefer sowie die dadurch entstandenen Verluste der Holzmasse Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Wald baume. Berlin. 1972. V. 97/11. S. 431–442.

Hangebrauck R.P., Spaite P.W. A status report on controlling the oxides of sulphur // J. Air Pollut. Contr. 2. Assoc. 1968. V. 18, № 1. P. 5–8.

Hejny S. Klasifikace ruderalních společenstev v Československu // Zpr. Cs. spolec. 1981. V. 16, № 2. S. 99–110.

Hoffmann G., Gronberg H. Filter-Waldstreifen – eine waldbauliche Möglichkeit zur Minderung der Fremdstoffeinträge in Bestände und Weldgebiete // Forstwirtschaft. 1990. V. 40, № 4. S. 110–112.

Huntley B., Huntley J.P. Willows in prehistory // Proc. Roy. Soc. Edinburg. B. 1991 (1992). V. 98. P. 149–154.

Ietswaart J.H., Offerijns F.J., Waal J.H. van der. Oorsprong en opbouw van de Salix pentandra-populatie op Schiermonnikoog // Gorteria. 1984. V. 12, № 1. S. 5–14.

Iglesias M.C., Bell G. The small-scale spatial distribution of male and female plants // Oecologie. 1989. V. 80, № 2. P. 229–235.

Impens R. Le déperissement des arbres urbains, causes physiologiques et diagnostic // Ann. Gembloux. 1990. V. 96, № 1. P. 48–53.

Jamrich V., Tomanova S. Specificke symptomy fluorointoxikacie vrbe rakyte (Salix caprea L.) a topoli osike (Populus tremula L.) // Acta fac. forest. Zvolen. 1985. V. 27. S. 51–58.

Jamrich V., Tomanova S., Kmet J. Metabolicky stres a poruchy cinnosti listov vrby babylonsej (Salix babylonica L.) v podmienkach priemyselne fluorointoxikacie // Acta fac. forest. Zvolen. 1989. V. 31. S. 29–49.

Janson L. Wpływ układu warunków zewnętrznych na regenerację organów wegetatywnych u topoli sekcji Leuce // Prace Inst. badaw. Lesn. 1967. № 328/331. S. 3–99.

Jones R.H., Raynal D.J. Root sprouting in American beech: Production, survivat, and the effect of parent tree vigor // Canad. J. Forest Res. 1987. V. 17, № 6. P. 539–544.

Joshifumi S. On the ubiquity of sex // Biol. Forum. 1990. 83, № 2/3. P. 419–420.

Karhu M., Huttunen S. Erosion effects of air pollution on needle surfaces // Water, Air, and Soil Pollut. 1986. V. 31, № 1/2. P. 417–423.

Karolewski P. The role of free proline in the sensitivity of poplar (*Populus Robusta*) plants to the action of SO₂ // Eur. J. Forest Pathol. 1985. V. 15, № 4. P. 199–206.

Katschnelinboigen A. Change and evolurion // Syst. Res. 1991. V. 8, № 4. P. 77–93.

Katz M., Gale S.B. Mechanism of protooxidation of sulphur dioxide in atmosphere // Proc. Second Int. Clean Air Congr. N. Y.; L. 1971. P. 336–343.

Koki M., Tomochika H. Salix koriyanagi // Sci. Repts Hyogo Univ. Agric. Ser. Agric. 1964, № 2. P. 117–122.

Koncalova M.N., Jicinska D. Ecological factors of flowering and pollen Quality in three willow species // Folia geobot. et phytotax. 1982. V. 17, № 2. P. 197–205.

Kulagin A. Yu. Willows and technogenesis // Interaction between forest ecosystems and pollutants. Proc. First Sov. Amer. Symp. on the Proj. 02.03.21. Tallinn, 1982. P. 114–116.

Kulagin A. Yu. Salicaceae: Ecological specificity, Sex dimorphism and Pollutant tolerance // XXIII Int. Horticult. Congr. Firenze (Italy), August 27 – September 1, 1990 TECNOPRINT. Bologna, Italy. 1990. P. 4311.

Kulagin A. Yu., Batalov A.A. Contents of some metals in Salicaceae leaves of technogenical ecotopes // Bioindicatores deteriorisationis regionis. Proc. 5th Int. Conf. Ceske Budejovice, May 23–27, 1988. Inst. Landcape Ecol. CAS, 1989. P. 278.

Labeda D.P., Alexander M. Effects of SO₂ and NO₂ on nitrification on soil // J. Environ. Qual. 1978. № 7. P. 523–526.

Lampadius F. Die Bedeutung der SO₂-Filterung des Waldes im Blickfeld der forstlichen Rauchschadentherapie // Wissenschaftliche Z. der Technischen Universitat Dresden. 1968. Bd. 17, H 2.

Latitudinal sex ratio variation in willows, *Salix* spp., and gradients in vole herbivory. T.Elmqvist, L.Ericson, K.Danell, A.Salomonson // Oikos. 1988. V. 51, № 3. P. 259–266.

Licht L.A. Salicaceae family trees in sustainable agroecosystems // Forest. Chron. 1992. V. 68, № 2. P. 214–217.

Likens G.E. Acid precipitation // Chem. eng. News. 1976. № 54. P. 22.

Linson S. Symptomatology of sulphur-dioxide injury on vegetation // Handbook of effects assessment vegetation damage / ed N. L. Lacasse, W. J. Morroy. Pa., Univ. Park (Penn. State Univ. Sect. 8). 1969. P. 1–13.

Linson S.N. Effects of Airborne Sulfur Pollutants on Plants // Sulfur in the environment. Part II: Ecological Impacts. N. Y. e. a., John Wiley & Sons, 1978. P. 110–162.

Lodge D.J. The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo- and ectomycorrhizae in populus and salix // Plant Soil. 1989. V. 117, № 2. P. 243–253.

Marcovic J. Unicaj Gustine sadnie na rasvoj nekih klonova vrbe // Topola. 1982. V. 26, № 133/134. S. 13–28.

Marshall P.E., Pattullo N. Mycorrhizal occurrence in willows in a northern freshwater wetland // Plant and Soil. 1981. V. 59, N 3. P. 465–471.

Maser C. Adaptable landscapes are the key to sustainable forests // J. Sustainable Forest. 1992. V. 1, № 1. P. 47–59.

Mathy P. The european open-top chambers programme: Objectives and implementation // Assess. Crop. Loss from Air Pollutants: Proc. Int. Conf., Raleidh, N. C., Oct. 25–29, 1987. L.; N. Y., 1988. P. 505–513.

Mazer S. Material investment and malereproductive success in angiosperms: parent-offspring conflict or sexual selection? // Biol. J. Linn. Soc. 1987. V. 30, № 2. P. 115–133.

Mehra P.N. Differential response of male and female himalayan popular (*Populus ciliana*) and *P. alba* in vitro // Phytomorphology. 1985. V. 35, № 1/2. P. 151–154.

Meikle R.D. British willows: some hybrids and some problems // Proc. Roy. Soc. Edinburg. B. 1991 (1992). V. 98. P. 13–20.

Mejnartowicz L.E. Enzymatic investigations on tolerance in forest trees // Gaseous Air Pollutants and Plant Metab. L. e. a. 1984. P. 381–398.

Mesophyll resistances to SO₂ fluxes into leaves / H.Peanz, E.Martinoia, O.-L.Lange, U.Heber // Plant Physiol. 1987. V. 85, № 4. P. 922–927.

Meyer F.N. Geholze in stadtischer Umwelt // Mitt. dtsch. dendrol. Ges. 1973. № 66. S. 105–131.

Mudd J.B. Biochemical effects of some air pollutants on plants // Air Pollution Damage to Vegetation / J. A. Naegle (Ed.). Adv. Chem. Series No. 122, Amer. Chem. Soc., Washington, D. G. 1973. P. 31–47.

Mudd J.B., Kozlowski T.T. Responses of Plants to Air Pollution. N. Y., Academic Press, 1975. 383 p.

Neenan M. Tje production of energy from short rotation forestry // Energy Biomass. Proc. Ist. Contract. Meet., Brussels, 29–30 Apr., 1986. L.; N. Y., 1987. P. 41–45.

Nilsson L.O. Leaf development of williw. Methods and applications // Colloq. INRA. 1983. № 19. P. 21–30.

Niiyama K. The role of seed dispersal and seedling traits in colonisation and coexistence of Salix species in a seasonally flooded habitat // Ecol. Res. 1990. V. 5, № 5. P. 317–331.

Oke T.R. The micrometeorology of the urban forest // Phil. Trans. Roy. Soc. L. B. 1989. 324, № 1223. P. 335–349.

Olavi J., Ase K. Environmental control of cold acclimation in Salix pentandra // Scand. J. Forest Res. 1990. V. 5, № 2. P. 195–204.

Oxydes of nitrogen. O.C.Taylor, C.R.Thompson, D.T.Tingey, R.A.Reiner // Responses of Plants to Air Pollution / Eds. J.B.Mudd, T.T.Kozlowski. N. Y., Academic Press, 1975. P. 121–139.

Palo R.T. Distribution of birch (*Betula* spp.), williw (*Salix* spp.), and poplar (*Populus* spp.) secondary metabolites and their potential role as chemical defense against herbivores // J. Chem. Ecol. 1984. V. 10, № 3. P. 499–520.

Pataky Sz. Comparison of the leaf epidermis of *Salix alba* L. in different regions of the leafy crown // Acta Biologica. 1969. V. 15, № 4. P. 29–36.

Patch D. Broadleaved trees for amenity // Guart. J. Forest. 1981. V. 75, № 1. P. 29–35.

Pelz E. Untersuchungen über die individuelle Rauchharte von Fichten // Wissenschaftliche Z. der Technischen Universität Dresden. 1962. Bd. II, H 3. S. 595–600.

Pelz E., Materna J. Beiträge zur Problem der individuellen Rauchharte von Fichte // Archiv für Forstwesen, Berlin. 1964. Bd. 13, H 2. S. 177–210.

Penka M. Summary method for determining the water consumption for the transpiration of woody plant seedlings // Biol. plant. Acad. sci. bohemost. 1967. V. 9, № 3. P. 168–172.

Percy K.E., Krause C.R., Lensen K.F. Effects of ozone and acidic fog on red spruce needle epicuticular wax ultrastructure // Canad. J. Forest Res. 1990. V. 20, № 1. P. 117–120.

Physiological studies of some avenue trees, exposed to chronic low levels of air pollutants. R.Krishnamurthy, M.Anbazhagen, G.Banerjee, K.A.Bhagwat // Indian Forest. 1986. V. 112, № 6. P. 503–511.

Piro B. Problems connected with the formation and protection of greenery in an urbanesed landscape // Acta Univ. agr. Brno. 1987. V. 2, № 1. P. 135–141.

Raup H.M. American forest biology // J. Forestry. 1967. V. 65, № 11. P. 800–803.

Radiation interception and productivity of willow. M.G.Cannell, R.Milne, L.J.Sheppard, M.H.Unsworth // J. Appl. Ecol. 1987. V. 24. № 1. P. 261–278.

Rechinger K.H. Salix taxonomy in Europe – problems, interpretations, observations // Proc. Roy Soc. Edinburg B. 1991 (1992). V. 98. P. 1–12.

Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research / Ed. W. R. Jordan e. a. Cambridge etc.: Cambridge univ. press, 1989. 342 p.

Rohwer J., Kubitzki K. Salix martiana, a regularly hermaphrodito williw // Plant Syst. and Evol. 1984. V. 144, № 2. P. 99–101.

Ross M.D. Die Bedeutung der Sexualsysteme von Waldbaumarten // Forstarchiv. 1984. V. 55, № 5. S. 183–185.

Sakai A.K., Burris T.A. Growth in male and female aspen clones: a twenty-five-year longitudinal study // Ecology. 1985. V. 66, № 6. P. 1921–1927.

Sauter J.J. Seasonal variation of amino acids and amides in the xylem sap of Salix // Pflanzenphysiol. 1981. Bd. 101, H 5. P. 399–411.

Schroeder H.W. Environment, behavior, and design research on urban forests // Adv. Environ., Behav., and Des. N. Y.; L., 1989. V. 2. P. 87–117.

Schultz C.L., Hutchinson T.C. Metal tolerance in higher plants // Metals and Their Compounds Environ.: Occurrence, Analysis, and Biol. Relevance. Weinheim etc., 1991. P. 411–418.

Senft L.F., Bendtsen B.A., Galligan W.L. Fast-growth trees make problem timber. Weak wood // J. Forest. 1985. V. 83, № 8. P. 477–484.

Sheikh M.I. Williw (Salix spp.) propagation – new technique // Pakistan J. Forest. 1973. V. 23, № 1. P. 100–105.

Sholto D.J. 3-D forest // World Crops. 1967. V. 19, № 4. P. 20–24.

Singh K. Role of sex of mother plant on rooting of stem cuttings of Salix alba // Indian J. Exp. Biol. 1986. V. 24, № 4. P. 264.

Sluys R. On adaptation, the assessment of adaptations, and the value of adaptive arguments in phylogenetic reconstruction // Z. zool. Syst. and Evolutionsforsch. 1988. V. 26, № 1. P. 12–26.

Smith W.H. Air Pollutants and Forests. Inveration between Air Contaminants and Forest Ecosystems. N. Y. e. a.: Springer, 1981. 381 p.

Smith W.H. Forest and air quality // J. Forest. 1985. V. 83, № 2. P. 84–92.

Smolander H.m, Lappi J. The interactive effect of water stress and temperature on the CO₂ response of photosynthesis in Salix // Silva fenn. 1984. V. 18, № 2. P. 133–139.

Sommerville A.H. C. Willows in the environment // Proc. Roy. Soc. Edinburg. B. 1991 (1992). V. 98. P. 215–224.

Species and clonal variation in growth responses to waterlogging and submersion in the genus Salix. L.E.Good, J.D.Winder, E.Sellers, T.G.Williams // Proc. Roy. Soc. Edinburg B. 1991 (1992). V. 98. P. 21–48.

Spierings F. Method for determining the susceptibility of trees to air pollution by artificial fumigation // Atmosph. Environ. 1967. V. 1, № 3. P. 205–210.

Strand L. The effect of acid precipitation on tree growth // Ecological impact of acid precipitation. Proc. Int. Cont., Sandfjord, Norway, March 11–14, 1980. Sandfjord, 1980. P. 64–67.

Stratmann H. Ermittlung vegetationsgeschadender SO₂-Immissionen // Landwirtsch. Forsch., Sondern. 1963. Bd. 17. S. 13–16.

Sulfur Oxides. Committee on Sulfur Oxides Board on Toxicology and Environmental Health Hazards. Washington, D. C., 1978. 212p.

Supuka J. Podiel zelene na zlepsovani hygienickej kvality ovzduisia // Zivot. prostred. 1985. V. 19, № 2. S. 72–78.

Suszka B. Rozmnazanie generatywne i wegetatywne // Wiederzby: Salix alba L., Salix fragilis L. Pr. nauk. PAN Inst. Dendrol. Warszawa; Poznan, 1990. S. 161–209.

Takehara A. Flowering size, flowering age and sex ratio of willow populations along the Hirise river, Northeast Japan // Ecol. Rev. 1989. V. 21, № 4. P. 265–275.

Tamm C.O. Acid precipitation: biological effects in soil and on forest vegetation // AMBIO. 1976. V. 5, № 5/6. P. 235–238.

Turcsanyi G. A lrvegoszennyezodes hatasa ajka varos faira. Szovettani es morfologiai vizsgalator a feceteenyo (*Pinus nigra* Arn.) torzen es levelein // Bot. kozl. 1986. V. 73, № 1/2. S. 103–112.

Ulrich B. Air pollution effects in terrestrial ecosystems and their restoration // Ecol. Assess. Env. Degradat., Pollut. and Recovery: Lest. Course Joint Res. Centre. Amsterdam etc., 1989. P. 275–290.

Untersuchungen auf rekultivierien Halden im Raum Leoben/Donawitz.
W.Punz, R.Schinniger, E.Domschitz, I.Hof, G.Teuschl // Sitzungsber.
Osterr. Akad. Wiss. 1984. V. 193, № 1/5. S. 142–159.

Verwijst T. Clonal differences in the structure of a mixed stand of *Salix viminalis* in response to *Melampsora* and frost // Canad. J. Forest Res. 1990. V. 20, № 5. P. 602–605.

Vogl M., Bortitz S. Physiologische und biochemisvhe Beitage zur Rauchshadenforschung. Zur Frage der physiologisch und physikalisch bedingten SO₂-Resistenz von koniferen // Flora. 1965. Bd. 155. S. 347–352.

Waldrop M.M. Wood: fuel of the future? // Science. 1981. V. 211, № 4485. P. 914.

Walker D.A. Height and growth rings of *Salix lanata* ssp. *richardsonii* along the coastal temperature gradient of northern Alaska // Canad. J. Bot. 1987. 65, № 5. P. 988–993.

Wallance R.G., Spedding D.J. The biochemical basis of plant damage by atmospheric sulfur dioxide // Clean Air. 1976. № 10. P. 61–64.

Walters C.S., Bruckmann G. Variation in specific gravity of cottonwood as affected by tree sex and stand location // J. Forestry. 1965. V. 63, № 3. P. 182–185.

Weiner J., Grodzinski W. Energy, nutrient, and pollutant budgets of the forest ecosystems // Forest Ecosyst. Ind. Reg. Stud. Cycling Energy Nutrients and Pollutants Niepolomice Forest Southern Poland. Berlin e. a., 1984. P. 203–229.

Wenger E.L., Zinke A., Gutzweiler K.-A. Present situazion of the European floodplain forest // Forest Ecol. and Manag. 1990. V. 33/34, № 1/4. P. 5–12.

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. IUFRO. Interlaken 2–8 Oct., 1988. Birmensdorf, 1989. V. 1. P. 223–228.

Wetzel S., Todd L., Greenwood I.S. Seasonal nitrogen storage in *Salix*: Role of a vegetative storage protein // Physiol. Plant. 1990. V. 79, № 2. P. 85.

Zeewaart A.J. Some effects of fumigating plants for short periods with NO₂ // Environ. Pollut. 1976. № 11. P. 97–108.

**СПИСОК ДРЕВЕСНЫХ И ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ,
УПОМЯНУТЫХ В ТЕКСТЕ
(Черепанов, 1981)**

Древесные растения

Акация серебристая – *Acacia dealbata* Link.

Береза белая, или пушистая – *Betula alba* L.

Береза повислая, или бородавчатая – *Betula pendula* Roth.

Вяз гладкий – *Ulmus laevis* Pall.

Дуб обыкновенный, черешчатый, или летний – *Quercus robur* L.

Ежевика сизая – *Rubus caesius* Ledeb.

Ель сибирская – *Picea obovata* Ledeb.

Ива Бебба, или сухолюбивая – *Salix bebbiana* Sarg.

Ива белая – *Salix alba* L.

Ива вавилонская – *Salix babylonica* L.

Ива Виноградова – *Salix vinogradovii* A. Skvorts.

Ива вильгельмсовская – *Salix wilhelmsiana* M. B.

Ива волчниковая – *Salix daphnoides* Vill.

Ива грушанколистная – *Salix pyrolifolia* Ledeb.

Ива джунгарская – *Salix songarica* Anderss.

Ива длиннолистная – *Salix longifolia* Horst.

Ива кангинская – *Salix kangensis* Nakai

Ива каспийская – *Salix caspica* Pall.

Ива козья – *Salix caprea* L.

Ива копьевидная – *Salix hastata* L.

Ива корзиночная, или прутовидная – *Salix viminalis* L.

Ива ломкая – *Salix fragilis* L.

Ива Мийаба – *Salix miyabeana* Seemen

Ива мирзинолистная, или чернеющая – *Salix myrsinifolia* Salisb.

Ива остролистная – *Salix acutifolia* Willd.

Ива ползучая – *Salix reptans* Rupr.

Ива пурпурная – *Salix purpurea* L.

Ива пятитычинковая – *Salix pentandra* L.

Ива Пьеро – *Salix pierotii* Miq.

Ива розмаринолистная – *Salix rosmarinifolia* L.

Ива росистая – *Salix rorida* Laksch.

Ива серая – *Salix cinerea* L.

Ива сизая – *Salix glauca* L.

Ива трехтычинковая – *Salix triandra* L.
Ива трехтычинковая форма одноцветная – *Salix triandra* L. forma
concolor
Ива трехтычинковая форма двуцветная – *Salix triandra* L. forma
discolor
Ива удская – *Salix udensis* Trautv. et Mey.
Ива ушастая – *Salix aurita* L.
Ива филиколистная – *Salix phylicifolia* L.
Ива хвостатая – *Salix caudata* Heller
Ива черничная – *Salix myrtilloides* L.
Ива цельнолистная – *Salix integra* Thunb.
Ива Шверина – *Salix schwerinii* E. Wolf
Ива шерстистопобеговая – *Salix dasyclados* Wimm.
Лиственница Сукачева – *Larix sukaczewii* Dyl.
Ольха серая – *Alnus incana* (L.) Moench.
Ольха черная, или клейкая – *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.
Осина – *Populus tremula* L.
Рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.
Скумпия – *Cotinus coggygria* Scop.
Сосна горная – *Pinus montana* Mill.
Сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* L.
Сосна итальянская, или пиния – *Pinus pinea* L.
Сумах дубильный – *Rhus coriaria* L.
Тамарикс – *Tamarix* L.
Тополь бальзамический – *Populus balsamifera* L.
Тополь белый – *Populus alba* L.
Тополь черный – *Populus nigra* L.
Чай – *Thea sinensis* L.

Травянистые растения

Бальзамин, или недотрога обыкновенная – *Impatiens noli-tangere* L.
Вейник наземный – *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.
Вейник тростниковидный – *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth.
Вербейник обыкновенный – *Lysimachia vulgaris* L.
Донник белый – *Melilotus albus* L.
Кермек Гмелина – *Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze
Кипрей болотный – *Epilobium palustre* L.
Клевер средний – *Trifolium medium* L.

Костер безостый – *Bromus inermis* (Leys.) Holub
Крапива двудомная – *Urtica dioica* L.
Лабазник вязолистный – *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.
Люцерна – *Medicago* L.
Манжетка волосистостебельная – *Alchemilla hirsuticaulis* Lind. fil.
Манжетка трубчатая – *Alchemilla tubulosa* Juz.
Мать-и-мачеха – *Tussilago farfara* L.
Мятлик узколистный – *Poa angustifolia* L.
Нардосмия гладкая – *Petasites radiatus* (J.F.Gmel.) Toman
Окопник лекарственный – *Symphytum officinale* L.
Осока влагалищная – *Carex vaginata* Tausch.
Осока дернистая – *Carex cespitosa* L.
Осока острая – *Carex acuta* L.
Осока пузырчатая – *Carex vesicularia* L.
Полевица белая – *Agrostis gigantea* Roth.
Полынь горькая – *Artemisia absinthium* L.
Пырей ползучий – *Elytrigia repens* (L.) Nevski
Ревень – *Rheum* L.
Рогоз узколистный – *Typha angustifolia* L.
Смолевка башкирская – *Silene baschkirorum* Janisch.
Сусак зонтичный – *Butomus umbellatus* L.
Таран дубильный – *Polygonum coriarium* Grig.
Тростник обыкновенный – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.
Хвощ болотный – *Equisetum palustre* L.
Хвощ луговой – *Equisetum pratense* L.
Хмель вьющийся – *Humulus lupulus* L.
Частуха подорожниковая – *Alisma plantago-aquatica* L.
Шведка стелющаяся – *Suaeda prostrata* Pall.
Щавель Рехингера – *Rumex pamiricus* Rech. fil.
Щавель тяньшанский – *Rumex tianschanicus* Losinsk.
Щучка дернистая – *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Особенности распространения ив в естественных и техногенных ландшафтах Предуралья и Южного Урала	9
1.1. Распространение ивняков в подзоне широколиственно-хвойных лесов (формирование ивняков на Павловском водохранилище, р. Уфа)	15
1.2. Распространение ив в различных экотопах подзоны широколиственных лесов	23
1.3. Распространение ив в пределах подзоны южнотаежных лесов	28
1.4. Распространение ив в подзоне предлесостепных сосновых и березовых лесов.....	31
1.5. Ивы техногенных ландшафтов подзоны южной лесостепи .	38
Глава 2. Устойчивость ив к промышленным загрязнителям	43
2.1. Сравнительная характеристика устойчивости видов секции <i>Vimen</i> (на примере ивы корзиночной и ивы шерстистопобеговой).....	52
2.2. Сравнительная характеристика устойчивости видов секции <i>Vetrix</i> (на примере ивы серой и ивы козьей)	58
2.3. Сравнительная устойчивость двух форм ивы трехтычинковой	63
2.4. Сравнительная характеристика устойчивости ивы белой и ивы остролистной.....	68
2.5. Сравнительная фитотоксичность загрязнителей.....	74
2.6. Об устойчивости ив к загрязнителям в связи с двудомностью	75
2.7. Содержание некоторых металлов в листьях ив	77
Глава 3. О регенерационных способностях ив.....	84
Глава 4. Анатомо-морфологические и физиолого-биохимические особенности ив в связи с устойчивостью к промышленным загрязнителям.....	90
4.1. Особенности водного режима и анатомо-морфологического строения листьев некоторых видов ив	93
4.2. Особенности аминокислотного состава ив	101
4.2.1. Сравнительная характеристика аминокислотного состава листьев ив	102

<i>4.2.2. О содержании незаменимых аминокислот в листьях ив</i>	104
<i>4.2.3. Изменения в содержании аминокислот в листьях ив в условиях промышленного загрязнения</i>	106
<i>4.2.4. Половой диморфизм ив и особенности содержания аминокислот в листьях</i>	109
4.3. Содержание танидов в коре некоторых видов ив	110
Глава 5 Экологическая видоспецифичность и адаптационез ивовых в экстремальных лесорастительных условиях	118
Глава 6 О техногенной интродукции ив и комплексном использовании ивовых насаждений	136
Заключение	143
Литература	147
Список древесных и травянистых растений, упомянутых в тексте	187

Научное издание

Алексей Юрьевич Кулагин

**ИВЫ: ТЕХНОГЕНЕЗ И ПРОБЛЕМЫ
ОПТИМИЗАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ**

Редактор: *Л. Н. Скальдина*

Технический редактор: *Ф. Г. Гайфуллин*

Компьютерная верстка: *Н. В. Гареева*

Корректор: *Л. Д. Петрова*

Лицензия № 0160 от 22 марта 1996 г.

Подписано в печать с оригинал-макета 15. 06. 98

Формат 60x90¹/₁₆. Бумага книжно-журнальная.

Гарнитура "Таймс". Печать офсетная.

Усл. печ. л. 12,0. Уч. -изд. л. 11,5.

Тираж 500 экз. Заказ № 77.

Цена договорная

Издательство "Гилем".
450054, г. Уфа, пр. Октября, 71



Отпечатано с готовых диапозитивов в
ГП "ПРИНТ" 450054, г. Уфа, пр. Октября, 71
Лицензия Б 848047 № 42 от 15 мая 1996 г.