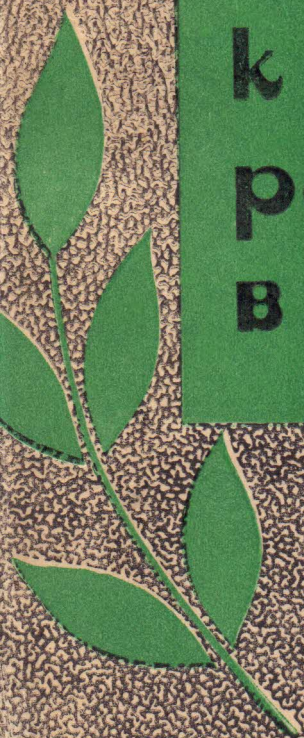


И. О. БАЙТУЛИН
М. А. ПРОСКУРЯКОВ
С. В. ЧЕКАЛИН

1

**Системно-
экологический
подход
к интродукции
растений
в Казахстане**



АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ГЛАВНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД

И. О. БАЙТУЛИН
М. А. ПРОСКУРЯКОВ
С. В. ЧЕКАЛИН

СИСТЕМНО-
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ПОДХОД
К ИНТРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЙ
В КАЗАХСТАНЕ

Часть I



АЛМА-АТА

«Гылым»

1992

УДК 581.5:631.529(574)

Байтулин И.О., Проскуряков М.А., Чекалин С.В. Системно-экологический подход к интродукции растений в Казахстане. В двух частях. Часть 1. - Алма-Ата: Гылым, 1992. - 198 с.

Материалы монографии знакомят читателя с системно-экологическим подходом к интродукции растений. Его особенностью является обеспечение значительного увеличения теоретической и практической значимости результатов работы всякого центра интродукции за счет их сопоставительного анализа с данными других интродукционных стационаров, отличающихся экологическим режимом.

Книга предназначена для ботаников, физиологов растений, специалистов сельского и лесного хозяйства.

Библиогр. 212 назв. Ил. 6. Табл. 78.

Ответственный редактор

доктор биологических наук, профессор И.Р.РАХИМБАЕВ

Рецензент

член-корреспондент АН Республики Казахстан,

профессор С.А.Бедарев

Baytulin I.O., Proskuryakov M.A., Chekalin S.V.
The system-ecological way to the plant's introduction in Kazakhstan. In two parts. Part 1. - Alma-Ata: Gylym, 1992. - 198 p.

The monograph introduces to a reader the system-ecological way to the plant's introduction. It's peculiarity is large increase of theoretical and practical importance of any introduction centre's datas by they comparative analysis with other different in ecology introduction centre's datas.

The book is for botanists, plant's physiologists, specialists of agriculture and forestry.

Bibliogr. 212 names. Fig. 6. Tables 78.

Editor-in-chief

doctor of biology, professor I.R. RAHIMBAEV

Reader

corresponding member Republic Kazakhstan's Academy of science, professor S.A. Bedarev

Б 1906000000-057 Дп.92
407(05)-92



Байтулин И.О.,
Проскуряков М.А.,
Чекалин С.В., 1992

ISBN 5-628-01297-1 (ч.1)

ISBN 5-628-01296-3

ВВЕДЕНИЕ

В 1992 г. исполняется 60 лет со дня организации в Казахстане первого ботанического сада. За истекший период ботаническими садами республики проведена большая работа по интродукции, селекции декоративных, технических, кормовых и плодовых растений. Итоги исследований подробно освещены в крупных монографиях, книгах, обзорах, выполненных А.Н.Мушегяном, И.О.Байтулиным, В.Г.Рубаник, А.Д.Джангалиевым, М.В.Бессчетновой, а также многочисленных сборниках и отдельных статьях. В этих трудах обобщены интродукционные испытания большого количества растений различного географического происхождения, предложены ассортименты растений для почвенно-климатических зон республики.

Выполненные работы имеют большое теоретическое и практическое значение. Однако наряду с рассмотренными аспектами, на наш взгляд, важно проанализировать еще одну сторону деятельности ботанических садов Казахстана. Речь идет о системной организации научных исследований по интродукции растений в республике. Исторические предпосылки такой системной организации исследований обусловлены всем ходом формирования сети ботанических садов. Так, в течение длительного времени все шесть имеющихся в республике ботанических садов работали под эгидой Академии наук Казахстана. В них накоплен определенный опыт совместных исследований по республиканским темам, обмена информацией, растительным материалом, а также административного взаимодействия, совместной деятельности в рамках Совета бо-

танических садов и проблемного Совета по интродукции и акклиматизации растений Казахстанского региона. Все это вместе взятое нашло отражение в итогах научных исследований, определило новые возможности интенсификации интродукционной работы.

Итогам и перспективам деятельности ботанических садов Казахстана как региональной системы научно-исследовательских учреждений и посвящена данная монография.

Системная организация исследований предполагает совершенствование взаимодействия центров интродукции в регионе, новые методические подходы к интродукционному прогнозированию и обобщению данных, обеспечивая их большую научную и экономическую отдачу. В свете этого на примере древесных растений авторы попытались раскрыть преимущества регионального системного подхода к исследованиям интродуцентов. В монографии рассматриваются теоретические, прикладные и научно-методические аспекты постановки интродукции древесных растений (глава 1), анализируется экологическая репрезентативность существующей сети ботанических садов Казахстана для целей регионального кооперирования исследований (глава 2). В главе 3 обсуждается проблема интродукционного прогнозирования, даются теоретические основы экологического прогнозирования. В главе 4 анализируется надежность интродукционных прогнозов в связи с характером прогнозирования и экологической пластичностью растений. Анализу взаимосвязи экологической пластичности ритмов сезонного развития растений посвящена глава 5. В главе 6 анализируются вопросы экологической пластичности растений в связи с урбанизацией условий среды, рассматривается диалектика широкозональных и локальных интродукционных прогнозов. В главе 7 обсуждаются опыт и перспективы развития комплексных интродукционных исследований в Казахстане в аспектах экологического прогнозирования результатов интродукции и изучения биологии интродуцентов.

В подготовке материалов главы 2 участвовали сотрудники отдела дендрологии ГЭС АН Республики Казахстан О.В.Исаева и А.М.Мальковская. В главах 4, 5 обобщены и сопоставлены материалы дендрологов Главного и периферийных ботанических садов АН Республики Казахстан Н.К.Белинской, С.П.Кабанова, В.М.Остриковой, Н.М.Сагандыковой (ГЭС АН Республики Казахстан), К.Арыкбаева (ИБС), Т.Ф.Гуриной, В.Б.Любимова (МЭБС), Л.П.Шарловской (КБС), В.Ф.Шаталиной (ДБС). В главе 6 приведены результаты совместных исследований авторов с сотрудниками отдела дендрологии ГЭС АН Республики Казахстан В.М.Остриковой, Б.П.Мырзакуловым, С.П.Кабановым. Большую помощь в подготовке монографии оказали сотрудники отдела дендрологии АН Республики Казахстан О.П.Зайченко и О.А.Будянская. Всем им авторы выражают глубокую благодарность.

Глава I

ПРИКЛАДНЫЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТРОДУКЦИИ ИНОРАЙОННОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ В КАЗАХСТАНЕ

Природа Казахстана в целом неблагоприятна для выращивания древесных растений. Значительная часть его территории занята пустынями и полупустынями. Климат резко континентальный, аридный, поэтому естественная растительность бедна древесными видами. Так, по данным Б.А.Быкова (1966), из имеющихся в природной флоре Казахстана 4750 видов высших растений на долю деревьев приходится лишь 68 видов (1,5%), а кустарников - 266 (5,8%).

На развитии древесной растительности в республике отрицательно сказываются малое количество осадков, высокая температура, сильные морозы, продолжительные засухи, суховеи, солонцеватые и засоленные почвы. Состояние и характер сочетания этих факторов меняются от пункта к пункту и от района к району. Отсюда следует, что и ассортимент древесных растений для озеленения по каждому региону Казахстана должен быть не только существенно обогащен на основе интродукции новых видов, но и подобран с учетом специфики природных и антропогенных факторов.

Как показали исследования, выполненные В.Г.Рубаник (1974, 1980), А.А.Бордулевым и С.Н.Мальцевым (1977) и другими, история интродукции инорайонных древесных растений в Казахстане насчитывает более чем вековой период и изначально была связана с освоением земель под военные поселения - опорные крепости царской России. С

появлением таких крепостей г.Верного. (ныне Алма-Ата), Петропавловска, Уральска и других в них закладывались плодовые насаждения, питомники, уличные посадки деревьев. Особенно активно эта работа велась на юго-востоке Казахстана в Семиречье. С 1885 г. в Семиреченской области действовал указ местных властей об обязательном лесоразведении быстрорастущих пород (тополь, ива). Казахскому населению и крестьянам в поселках приказывалось обсаживать деревьями усадьбы и огороды. В уездах Семиреченской области предписывалось проводить обсадку арыков, бульваров, городских улиц, базаров и площадей.

Породный состав высаживаемых в то время деревьев и кустарников был беден. Обычно они были представлены карагачом, ясенем, тополем, акацией, ветлой, березой, айлантом, крушиной, жимолостью, урюком и кленом.

В 1892-1893 гг. в Верненском и Пйшпекском уездах Семиреченской области имелось 17 казенных и 10 общественных питомников общей площадью 120 десятин. Ежегодно из них отпускалось до 3 млн. саженцев.

В 80-х годах прошлого столетия на территории Казахстана были созданы лесничества и закладывались первые лесные культуры. Такие работы велись в Уральском (с 1881 г.), Нарынском (с 1890 г.), Петропавловском, Пресновском, Кокчетавском, Айртауском и Семипалатинском лесничествах. С 1905 г. началась посадка культур в Сандыктавском лесничестве Акмолинской области.

С первой мировой (1914 г.), а затем в период гражданской войны лесокультурная работа в Казахстане прекратилась. Ее возобновление датируется 1933 г., что связано с активизацией и восстановлением народного хозяйства.

С развитием медресной, угольной, нефтяной промышленности, возникновением крупных промышленных центров с большим числом населения стали проводиться специальные исследования по подбору ассортиментов древесных растений для новостроек Казахстана. Начиная с 30-х годов появляются рекомендации по озеленению, ассортименту и агротехнике выращивания древесных растений в Атырауской области (Серова, 1930; Дубянский, 1931; Якубов, 1936),

в районе Эмбанефть Приаральской пустыни (Гаель, Семеновский, 1933), Балхашском (Дубянский, 1932; Рубцов, 1936; Ширчинский, 1945, 1950) и Джекказганском промышленном районах (Фортунов, 1947, 1949; Григорьев, 1951).

Начиная с этого периода в Казахстане создается сеть ботанических садов - стационарных центров интродукции. В 1933 г. в Алма-Ате основан Алма-Атинский, в 1935 г. - Алтайский (г. Лениногорск), в 1940 г. - Карагандинский ботанические сады. В 1939 г. создано Джекказганское, а в 1947 г. - Илийское (с. Баканас) отделения Института ботаники, на базе которых сформировались Джекказганский и Илийский ботанические сады. Позднее эта сеть центров интродукции пополнилась Мангышлакским экспериментальным ботаническим садом (Актау), Иссыкским, Щучинским, Чимкентским дендрариями, Балхашским, Гурьевским, Экибастуэским стационарами.

С начала создания каждого центра интродукции в нем обязательно выполнялись испытания инорайонных древесных растений в целях подбора ассортимента для обогащения дендрофлоры и оздоровления среды населенных пунктов.

К числу наиболее важных итогов работы интродукторов системы Академии наук Республики Казахстан следует отнести то, что ими была создана постоянно действующая сеть центров интродукции, охватывающая дендрологическими испытаниями очень широкий экологический диапазон равнинной территории республики (табл. 1.1).

В пределах сети стационарных центров интродукции системы АН Республики Казахстан имеют место более чем трехкратные отличия годового количества выпадающих атмосферных осадков: от 208 (Джекказган) до 720 (Лениногорск) мм в год.

Существенна разница среднего абсолютного максимума (от 30 до 40°) и абсолютного максимума температуры воздуха от 35 (Лениногорск) до 44° (Баканас). Почти в два раза отличается абсолютный минимум температуры воздуха: от -26 (Актау) до -50° (Джекказган). Количество дней в жаркий период (с июня по август) с лимитирующей

Таблица 1.1. Почвенные и климатические характеристики ботанических садов
АН Республики Казахстан

Пункт интродукции	Почвенные ха- рактеристики	Годо- вое кол- во атм. осад- ков; мм	Макс. Т воз- духа, °С		Мин. Т воз- духа, °С		Средние по- казатели за июнь-август		Про- должи- тельн. безмо- розн. пери- ода
			средн. абс. макс.	макс. симум	средн. абс. миним.	Мин. мум	средн. макс. Т воз- духа, °С	кол-во дн. с влажн. возду- ха ≥30%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Г. Дзезказ-
гай, Дзез-
казганский
ботаничес-
кий сад (от-
дел ГЭС
АН Респуб-
лики Казах-
стан)

Серо-бурые, бу-
рые, засоленные
и солонцеватые.
По механичес-
кому составу
глинистые, су-
глинистые и
щебнистые

208 39 43 -34 -50 30,1 22,5 120

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г. Актау, Ман-гышлакский экспериментальный ботанический сад АН Республики Казахстан	Серо-бурая со щепнистым панцирем в комплексе с солончаками	214	37	43	-14	-26	28,6	20,3	217
Пос. Баканас, Илийский ботанический сад (отдел ГЭС АН Республики Казахстан)	Бугристые пески, примитивные солончаковые сероземы, преимущественно легкого механического состава, солончаки	223	40	44	-34	-45	31,8	25,8	156
Г. Караганда, Карагандинский ботанический сад (отдел ГЭС АН Республики Казахстан)	Светло- и темно-каштановые и их засоленные и карбонатные разности глинистого и хрящевато-щепнистого механического состава	282	35	40	-33	-49	25,5	12,5	125

Г. Алма-Ата, Главный ботанический сад АН Республики Казахстан	Черноземные, горно-степные на лесовых покрытиях, под которыми залегают валунно-галечниковые наносы	629	36	43	-22	-36	28,1	13,2	176
Г. Лениногорск, Алтайский ботанический сад (отдел ГБС АН Республики Казахстан)	Черноземы и горные, горно-подзолистые черноземы, лугово-степные почвы на лесовидных суглинках, местами - на выходе коренных пород	720	30	35	-34	-47	22,6	5,0	94

рост растений влажностью воздуха менее 30% варьирует от 5 (Лениногорск) до 25,8 (Баканас). Продолжительность безморозного периода колеблется от 94 (Лениногорск) до 217 дней (Актау). При этом имеет место и широкое разнообразие почвенного покрова. В ботанических садах представлены черноземы и лугово-степные почвы гор Тянь-Шаня и Рудного Алтая, светло-и темно-каштановые почвы центральной части республики, серо-бурые, бурые почвы и пески пустынных регионов.

Как видно, имеющаяся сеть интродукционных стационаров АН Казахстана позволяет вести испытания инорайонных древесных растений и осуществлять оценку их экологической валентности в широком диапазоне географической среды республики.

Следующий, не менее важный по значению результат интродукционной работы — созданный в ботанических садах коллекционный фонд древесных растений. В данном аспекте, прежде всего, необходимо отметить, что работа по созданию научных коллекций начата с первых лет закладки каждого из рассмотренных выше ботанических садов.

В разработке конструкций научных коллекций в период закладки ботанических садов участвовали ряд крупных специалистов-ботаников: профессора Ф.Н.Русанов, Б.М.Козо-Полянский, А.М.Мушегян, О.В.Троицкая, член-корр. Л.К.Клышев, академик Н.В.Павлов и др. (Сушков, Ванифатов, 1956). В 1954 г., например, по Алма-Атинскому ботаническому саду исходя из принципов ботанико-географического размещения растений в задании на его проектирование было предусмотрено создание дендрария с секторами Средней Азии, европейской части СССР (СНГ), Сибири и Дальнего Востока, Кавказа и Крыма, зарубежной Азии, Северной Америки, Западной Европы. В дальнейшем для реализации этих проектов разрабатывались две крупные научно-исследовательские темы: "Интродукция и акклиматизация древесно-кустарниковых растений" и "Научные основы создания экзоспаций растительных зон" (Рубаник, 1960). В выполнении этой тематики участвовали все дендрологи ботанических садов Казахстана: Н.К.Белинская, А.Н.Матюшенко, А.Ф.Мель-

ник, А.М.Мушегян, В.Г.Рубаник, И.Н.Солонинова, В.Ф.Шаталина и др. Согласно данных сводки "Древесная растительность Алма-Атинского ботанического сада" (1962), на 1961 г. в научных коллекциях Алма-Атинского ботанического сада количество видов и форм древесных растений было доведено до 1247.

Работа по пополнению коллекционного фонда в ботанических садах продолжается и в настоящее время. По данным учета на конец 1990 г. в коллекциях ГБС представлено 1367 таксонов инорайонных древесных растений, а в периферийных ботанических садах - соответственно в Карагандинском - 446, Алтайском - 572, Джезказганском - 336, Мангышлакском - 529, Илийском - 278 видов, форм и сортов древесных растений.

Таким образом, дендрологами собраны обширные коллекции растений отечественной и зарубежной флоры, перспективные для сельского, лесного хозяйства и зеленого строительства.

В Главном ботаническом саду созданы научные коллекции, представляющие ботанико-географические экспозиции европейской части СССР (СНГ), Крыма и Кавказа, Сибири и Дальнего Востока, Северной Америки и Восточной Азии. Созданы коллекционные участки хвойных растений (кониферетум), в котором представлено более 100 видов декоративных хвойных из Европы, Средиземноморья, Крыма, Кавказа, Средней Азии, Сибири, Дальнего Востока, Восточной Азии и Северной Америки, а также сирени (сиренгарий, насчитывающий 144 таксона). Многолетняя селекционная работа с сиренями дала возможность получить три новых сорта: "Академик Сатпаев", "Байконур", "Лиловая пирамида".

В настоящее время общий объем собранного видового состава научных коллекций ботанических садов системы АН Республики Казахстан и количество видов инорайонных древесных растений, рекомендованных ими для введения в культуру, соизмеримы с объемами флоры сосудистых растений крупных районов земного шара. Количество впервые интродуцированных видов более чем в 4 раза превышает объем аборигенной дендрофлоры.

При этом генофонд инорайонных древесных растений, которым располагают научные коллекции этих ботанических садов, дифференцированно адаптирован к самым различным экстремальным условиям именно Казахстана. В силу этого данный генофонд растений – уникальное национальное достояние республики, крупная база, откуда высокоустойчивые растения могут быть взяты для зеленого строительства и оздоровления окружающей среды промышленных и аграрных центров.

Следующий из важнейших результатов исследований дендрологов ботанических садов Казахстана – разработка рекомендаций по ассортиментам для озеленения. К настоящему времени в областном масштабе в производстве используются 6 опубликованных ассортиментов инорайонных древесных растений. Ассортимент для Алма-Аты (1979) включает 132 вида лиственных и 23 хвойных деревьев и кустарников; Карагандинской области (1978) – 153 вида лиственных и 17 хвойных деревьев и кустарников; Южного Прибалхашья (1978) – 53 вида лиственных деревьев и кустарников; Восточного Казахстана (1981) – 142 вида деревьев и кустарников, в том числе 10 хвойных; Джезказганского промышленного района (1979) – 93 вида деревьев и кустарников, в том числе 5 хвойных, и для Атырауской области (1987) – 62 вида деревьев и кустарников.

Работа по совершенствованию ассортиментов продолжается. Так, в 1989 г. по Алма-Ате ассортимент был заново переработан и дополнен. Теперь он включает 207 таксонов инорайонных древесных растений, что на 31 наименование больше, чем было рекомендовано в предыдущем издании.

Рекомендованные ассортименты широко используются при проектировании зеленого строительства в городах и селах республики.

Результаты работы Казахстанских центров интродукции древесных растений нашли отражение в сотнях публикаций, в том числе ряде крупных сводок и монографий. К ним мы относим и такие ранние сводки, как "Итоги работы арборетума" (Козо-Полянский, 1948), "Результаты испытания древесных пород в Алма-Атинском ботаническом саду" и

"Культуры древесных экзотов в Алма-Ате" (Мушегия, 1952, 1954), "Древесная растительность Алма-Атинского ботанического сада" (1962). К числу более поздних работ можно отнести монографические публикации В.Г.Рубаник (1974, 1980, 1983), посвященные интродукции голосеменных, североамериканских, европейских растений, И.О.Байтулина (1985, 1987) по интродукции таволги в Центральном Казахстане и научно-методическим проблемам интродукционной работы, В.Ф.Шаталиной (1981) об интродукции древесных растений в Центральном Казахстане, И.А.Смирнова (1986) о солевыносливости древесных растений в Казахстане, П.П.Бессчетнова и Г.В.Голошапова (1988) по проблеме садово-паркового строительства в республике.

Следует отметить, что длительный период главной теоретической предпосылкой интродукции древесных растений в Казахстане была разработанная в начале нашего столетия теория климатических аналогов Майера (Maier, 1909; Рубаник, Жеронкина, 1980:4). Поэтому в основу составления списков перспективных растений для создания коллекций древесных растений Главного ботанического сада был положен принцип климатических аналогов Майера (Рубаник, Жеронкина, 1980; Рубаник, Солонинова, 1989). В некоторых случаях, как это было в работе по интродукции деревьев и кустарников Европы, метод Майера дополнился флорогенетическим методом А.М.Кормилицына (1964), по которому для подбора перспективных в интродукции растений выполнялся анализ флоры района интродукции, изучались географо-флористические связи района интродукции с другими флорами земного шара.

Однако, как было в дальнейшем показано И.О.Байтулиным (1985, 1987), "анализ итогов почти полувековых работ по интродукции древесных растений в аридные зоны Казахстана показывает невозможность привлечения исходного материала для интродукции древесных и в особенности хвойных растений и кустарников на основе метода фитоклиматических аналогов. На земном шаре нет таких аналогов, откуда можно было бы привлекать в широком масштабе деревья и кустар-

ники для интродукции в Южном Прибалхашье, Центральном Казахстане и п-ове Мангышлак" (Байтулин, 1980, 1985:135).

Все это существенно осложняет решение проблемы привлечения новых древесных видов в Казахстан. Работа методом проб и ошибок обходится народному хозяйству слишком дорого. Так, для интродукции голосеменных в Алматы (Рубаник, 1974:6,288) высевалось свыше 3000 образцов семян 195 видов растений, из которых выращено более 80 тыс. саженцев. За этими растениями в течение 17 лет проводились агротехнический уход, наблюдения. В итоге как перспективные для интродукции отобраны 149 видов, а 46 видов (23,6%) признаны неперспективными. Кроме этого, ботаническими садами Казахстана за 35 лет работы из европейских растений было испытано 327 видов и форм, из которых пригодными оказались лишь 129 (39,4%) (Рубаник, Жеронкина, 1980:188), т.е. свыше 60% растений, первоначально предполагавшихся перспективными для республики, после проверки прямым опытом пришлось отбраковать. Другой пример. В Джекказганском ботаническом саду с 1962 по 1975 г. было испытано 318 видов инорайонных древесных растений, привлеченных из Крыма, Кавказа, европейской части СССР (СНГ), Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии, Северной Америки и Восточной Азии. В итоге перспективными для интродукции оказались лишь 198 (62,3%) видов (Шаталина, 1981). Таким образом, в среднем около 40% от первоначально привлеченных как перспективные для интродукции видов после их проверки оказываются непригодными. При этом, чтобы прийти к такому заключению, приходится десятки лет нести бремя огромных трудовых, материальных и финансовых затрат. Полученный же в итоге испытаний результат, по существу, имеет в каждом конкретном случае верное значение только лишь для того небольшого географического пункта, где проводились эти испытания.

Из-за отсутствия эффективных методических решений проблемы прогнозирования результатов интродукции задача

широкого введения в культуру инорайонных древесных растений в Казахстане кардинального решения не получила. Результатами прямых испытаний явились ассортименты перспективных растений, рекомендованные лишь для очень небольшой части населенных пунктов. На основной же территории республики ассортимент древесных растений беден и однообразен. Они подбираются без учета эффективности их влияния на среду, не учитывается санирующая функция древесных растений и мало внедряется высокоимунных видов и сортов растений. Древесные растения часто высаживаются без учета их экологической специфики и физико-географических условий территории.

Ясно, что для такого крупного и экологически дифференцированного региона, как Казахстан, невозможно решать задачу интродукции инорайонных древесных растений (и вообще любых растений) только экстенсивным путем, т.е. путем бесконечного наращивания дополнительных пунктов, где каждый раз заново проводятся испытания переселяемых растений, подобранных в значительной мере наудачу. Такой путь потребует многовековых затрат огромного количества средств. Интродукционные испытания лишь одного древесного вида в одном пункте должны проводиться не менее 100 лет, для того, чтобы ими были охвачены все основные циклы колебания климата, а содержание только одного продуктивно работающего центра интродукции, например Алма-Атинского ботанического сада, обходится свыше 7 млн.руб. в год.

В поисках выхода из сложившегося положения и решения проблемы рационального прогнозирования перспективных для интродукции в Казахстане инорайонных растений к настоящему времени сложилось два основных подхода: экстраполяционный (Байтулин, 1985, 1989) и интерполяционный (Проскураков, 1985, 1989). Суть первого из подходов сводится к тому, что на основе предварительного анализа экологических свойств растений создается возможность экстраполяционного определения перспективных регионов для их переселения, подбора исходного материала в том или ином регионе и прогнозирования с большей вероятностью

исхода интродукции (Байтулин, 1989:9). При этом необходимо предварительное глубокое изучение закономерностей естественного распространения, истории миграции и особенностей условий современного и бывшего местопроизрастания; истории развития (филогенетическое состояние); адаптивных анатомо-морфологических признаков и основных физиологических свойств; нормы реакции организма в изменяющихся условиях внешней среды (генотип); внутривидовой систематики (полиморфизма); толерантности растений к действиям лимитирующих факторов новой среды; условий плацдарма интродукции и установления лимитирующих факторов; аллелопатической активности (Байтулин, 1989).

Суть интерполяционного подхода состоит в том, чтобы на базе накопленного опыта интродукции в развитой сети ботанических садов и других стационарных пунктов интродукции осуществлять высокоточный прогноз ассортимента растений и рекомендации по зеленому строительству для экологических ситуаций, промежуточных между теми, которые уже освоены интродукционными стационарами (Проскураков, 1985, 1991).

Данный путь – есть путь интенсификации решения задач интродукции и выполнения рекомендаций по подбору ассортиментов интродуцентов без существенного расширения сети центров интродукции. Базой для такой интенсификации являются развитие и совершенствование комплексного экологического подхода к интродукции на всей территории республики, разработки теоретических основ интродукции озеленительного ассортимента растений в Казахстан с учетом экологического разнообразия среды обитания растений. Разработка нужной научной основы для такого прогнозирования должна выполняться путем комплексных исследований поведения древесных видов растений на базе крупного экологического полигона, представленного сетью центров интродукции в Казахстане. В правильности и эффективности такого пути интенсификации решения проблемы интродукции растений в Казахстане нас убеждают объективное наличие закономерностей в изменении природных условий на территории республики; установление нашими предыдущими исследованиями

закономерностей изменчивости экологической пластичности интродуцируемых растений в зависимости от варьирования среды обитания в республике, а также существование развитой сети центров интродукции и наличие подготовленных кадров ученых.

Таким образом, как экстраполяционный, так и интерполяционный подходы к прогнозированию результатов интродукции независимо от коренных внутренних отличий их сущности сегодня требуют от нас первоочередного решения стержневой задачи – развертывания экологических исследований поведения интродуцентов в Казахстане. В свете этого совершенно необходимы постановка комплексных (с привлечением широкого круга центров интродукции) исследований закономерностей адаптации инорайонных растений в процессе их культивирования в Казахстане, выявление количественных закономерностей жизнедеятельности растений как функции климатических и почвенных условий места произрастания.

При этом вся сеть центров интродукции, задействованных для таких комплексных исследований, должна охватывать как можно больший диапазон разнообразия среды обитания. В таком случае на основе выявленных экологических закономерностей можно будет решить задачу адаптации растений в пределах всего изучаемого региона.

Отработка данного подхода в условиях Казахстана начата нами с 1986 г. на базе 6 ботанических садов. В этой связи разработаны единая программа и методика исследований, программа для создания банка накапливаемых экспериментальных данных и их обработки на базе персонального компьютера, начата работа по комплектованию информационного банка данных о генофонде древесных растений, проходящих испытания на их адаптацию в центрах интродукции.

Таким образом, к числу наиболее крупных результатов работы дендрологов-интродукторов системы АН Республики Казахстан за истекший период можно отнести следующие:

- 1) создана постоянная сеть центров интродукции, представительная для экологического полигона, с очень широким

диапазоном варьирования географической среды, охватывающего основную равнинную часть территории Казахстана;

2) созданы крупные научные коллекции инорайонных древесных растений, прошедших индивидуальный отбор и приспособленных к физико-географическим условиям Казахстана. Коллекции представляют собой уникальный генофонд для интродукции внутри Казахстана, а также национальное достояние республики;

3) разработаны ассортименты устойчивых инорайонных древесных растений, пригодных для интродукции в Алма-Атинской, Актауской, Карагандинской, Джезказганской, Атырауской и Восточно-Казахстанской областях;

4) накоплен и отработан научно-методический опыт комплексных наблюдений за инорайонными древесными растениями, проходящими первичное интродукционное испытание в системе ботанических садов. Разработаны программы создания банка данных по интродуцентам и обработки материалов комплексных интродукционных испытаний на ЭВМ;

5) по ряду регионов Казахстана выполнены крупные обобщения итогов интродукционных испытаний инорайонных древесных растений;

6) разработаны научные концепции экологического (экстраполяционного и интерполяционного) прогнозирования результатов интродукции растений.

Глава 2

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ СЕТИ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ ДЛЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНА

Площадь Казахстана составляет 2,7 млн.км². Республика простирается с севера на юг на 2000 км, а с запада на восток – почти на 3000 км. Такая растянутость в широтном направлении обуславливает значительные градиенты климатических показателей территории. Так, средняя январская температура воздуха (наиболее холодный месяц) колеблется от $-1, -5^{\circ}\text{C}$ на крайнем юге, до $-19, -20^{\circ}\text{C}$ на севере (Ключников, Зарембо, 1981). Наиболее резкое зимнее выхолаживание происходит в котловинах Алтая, где самые низкие январские температуры воздуха. В пос. Орловском средняя январская температура составляет $-27,1^{\circ}\text{C}$, в Маркаколе $-25,0^{\circ}\text{C}$ при абсолютных минимумах -54°C . На равнинной территории Казахстана средняя июльская температура (наиболее жаркий месяц) колеблется от $+18,0$ до $+29,3^{\circ}\text{C}$. Наибольший абсолютный максимум температуры воздуха $+47^{\circ}\text{C}$ характерен для Чимкентской и Кызыл-Ординской областей. Летний разогрев воздуха сопряжен с ограниченным количеством атмосферных осадков. Для большей части Центрального Казахстана годовая сумма атмосферных осадков составляет 125–250 мм. Наименьшее количество осадков – 90 мм/год выпадает на побережье оз. Балхаш, в Приаральских Кызылкумах. Для севера степной зоны республики характерно выпадение осадков в объеме 250–300 мм/год.

Максимальное количество осадков выпадает на склонах Алтая — свыше 1500 мм.

Казахстану присущ обширнейший экологический спектр с амплитудой температуры воздуха более 100°C , перепадами количества годовых атмосферных осадков более 1400 мм и диапазоном продолжительности периода вегетации растений от 230 (Актау) до 150 (Лениногорск) сут.

Сравнительное изучение режима климатических факторов для Казахстана и сопредельных территорий проводилось нами по следующим показателям: количеству осадков и радиационному балансу за год, длительности безморозного периода, сумме температур за период с температурой выше 10°C , длительности периода с температурой воздуха выше 10°C , температуре воздуха самого теплого месяца, относительной влажности воздуха в 13 ч в июле, числу дней со снежным покровом, среднему из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха, температуре самого холодного месяца. Изолинии этих показателей на территории СССР (СНГ) представлены в материалах Атласа СССР (1984) и Агроклиматического атласа мира (1972). Анализ этих материалов показал, что, хотя сходные с Казахстаном состояния каждого отдельного показателя климата встречаются в ряде других районов Союза (преимущественно в европейской его части), по характеру сочетаний состояний климатических показателей климатический режим территории Казахстана специфичен и не имеет себе аналогов.

В целом для расположенной в северной части Казахстана Западно-Сибирской климатической области характерно выпадение основного количества атмосферных осадков в летние месяцы при их максимуме в июле (Борисов, 1967). В Турано-Казахской области максимальное количество атмосферных осадков приходится на весенние месяцы, а минимальное — на летние и раннеосенние. Отмеченные качественные и количественные отличия соотношения атмосферных осадков, выпадающих в первой (апрель-июнь) и второй (июль-сентябрь) половинах периода вегетации древесных растений, позволяют предпринять попытку использовать этот

критерий для идентификации принадлежности географического пункта к той или иной климатической области и соответствующей ей ландшафтной зоне.

Растения не одинаково переносят засуху на различных этапах вегетации (Сказкин, 1971). В этой связи разграничение территории Казахстана на две климатические области отражает и разграничение ее на две качественно отличающиеся системы экологических ниш. Суть этих отличий — неоднородность проявления во времени засухи и суховеев. Относительная влажность воздуха ниже 30% является атрибутом сухой обстановки (Кулик, 1952). В свое время объединение понятий засухи и суховея позволило Г.П.Дубинскому (1952) разработать единый энергетический подход, который используется при проектировании мелиорации земель на Украине для орошения.

С учетом вышеизложенного нами была предпринята попытка определить зональную принадлежность представительных для территории Казахстана 26 географических пунктов. Затем среди пунктов, принадлежащих к одной климатической области, проведено сопоставление числа дней с относительной влажностью воздуха ниже 30% за условный период вегетации (апрель—сентябрь). Указанный критерий использован в качестве индикатора засушливости климата. Географические пункты Казахстана сопоставлялись по потенциальной продолжительности вегетации растений. Для растений—микротермов бралось число суток от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ до осеннего снижения этого показателя до такого же уровня, а для растений—мезотермов аналогичные расчеты проводились для среднесуточной температуры $+10^{\circ}\text{C}$ (Шульц, 1981) (таблицы 2,1, 2.2).

При турано-казахском типе, как отмечалось, больше атмосферных осадков выпадает в первой половине периода вегетации по сравнению со второй половиной. В обратной зависимости находится отношение дней с относительной влажностью воздуха ниже 30%. Средний абсолютный максимум температуры воздуха во второй половине вегетации выше, чем в первой. Обобщенно этот тип климата можно охарактере-

Таблица 2.1. Характеристика атмосферных осадков и числа дней с относительной влажностью воздуха ниже 30% за период вегетации растений (апрель-сентябрь) в различных пунктах Казахстана

Пункт	Кол-во атмосферных осадков, мм				Число дней с относительной влажностью воздуха ниже 30%			
	апрель-июнь		разница между началом и концом вегетации		апрель-июнь		разница между началом и концом вегетации	
	апрель-июнь	июль-сентябрь	апрель-июль	сентябрь-апрель	апрель-июль	июль-сентябрь	апрель-июль	июль-сентябрь
Кзыл-Орда	35	14	+21	151	68	74	-6	142
Баянас	74	35	+39	223	61	76	-15	137
Чимкент	145	18	+127	582	46	83	-37	129
Жайрем	64	49	+15	237	56	64	-8	120
Джезказган	50	41	+9	208	51	65	-14	116
Чилик	101	52	+49	298	48	64	-16	112
Телды-Курган	121	65	+56	412	43	62	-19	105
Балхаш	44	30	+14	195	48	56	-8	104
Аральск	38	25	+13	166	47	54	-7	101
Тургай	65	58	+7	282	47	54	-7	101

Турано-казахский тип климата

Джамбул	115	60	+55	353	33	60	-27	93
Атырау	60	46	+14	236	43	45	-2	88
Алма-Ата	256	94	+164	629	20	48	-28	68
Исыяк	272	99	+173	669	19	39	-20	58
Средние	103	49	+54	331	45	60	-15	105

Западно-сибирский тип климата

Актюбинск	85	90	-5	315	38	45	-7	83
Экибастуз	85	127	-42	334	42	32	+10	74
Уральск	83	88	-5	374	31	38	-7	69
Караганда	91	93	-2	282	32	35	-3	67
Целиноград	104	126	-22	411	30	28	+2	58
Кустанай	99	125	-26	373	31	21	+10	52
Павлодар	65	99	-34	352	30	18	+12	48
Кокчетав	86	122	-36	281	30	18	+12	48
Лениногорск	240	262	-22	720	27	18	+9	45
Щучинск	108	156	-48	382	28	15	+13	43
Петропавловск	113	149	-36	425	20	7	+13	27
Средние	105	130	-25	386	31	25	+6	56
Форт Шев- ченко	51	53	-3	214	22	16	+6	38

ризовать как экстремализирующийся (по отношению к жизнедеятельности растений) во второй половине вегетации.

Для западно-сибирского типа климата характерно большее выпадение атмосферных осадков в июле-сентябре, чем в апреле-июле. В начале вегетации больше засушливых дней, чем в конце. Средние абсолютные максимумы температуры воздуха в начале и конце вегетации примерно равны. При этом типе климата завершающие этапы вегетации благоприятнее для растений, чем начальные.

Несводимость турано-казахского и западно-сибирского типов климата к единому ряду обусловливается разнохарактерностью взаимосвязей между климатическими элементами. В пунктах с северо-казахским типом климата иссушение воздуха сопровождается более резким увеличением его прогрева. Вместе с тем при западно-сибирском типе климата взаимосвязанными являются почти все климатические характеристики периода вегетации, а при турано-казахском наблюдается большая автономность климатических элементов (табл. 2.3).

Ряд, образованный из пунктов, распределенных по числу засушливых (с влажностью воздуха ниже 30%) дней за период вегетации (от максимальной засушливости к минимальной), отражает изменение совокупности характеристик аридности. Так, в группе пунктов с турано-казахским типом климата от начала к концу ряда увеличивается количество атмосферных осадков во второй половине вегетации, а средние абсолютные максимальные температуры воздуха снижаются в течение вегетации. В некоторых пунктах с западно-сибирским типом климата вместе с описанными выше закономерностями выявляются и такие: от начала к концу ряда увеличивается количество атмосферных осадков, снижается продолжительность безморозного периода и периода со средней суточной температурой воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше. Как видно, от начала к концу обоих рядов снижаются засушливость и аридность потенциальных условий произрастания для интродуцентов, что позволяет использовать сформированные климатические ряды для сопоставлений степени

Таблица 2.2. Температурный режим различных пунктов Казахстана

Пункт	Абс. максимум Т воздуха, °C	Средн. абс. макс. Т воздуха, °C		Потенциальная продолжительность периода вегетации			Абс. минимум Т воздуха, °C	Средн. абс. минимум Т воздуха, °C	
		апрель-июнь	июль-сентябрь	микротермы		отличия от безморозн. периода			
				сут	сут				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Турано-казахский тип климата

Кзыл-Орда	46	38	41	215	+37	185	+7	-38	-25
Баканас	44	38	40	211	+55	179	+23	-45	-34
Чимкент	44	37	40	242	+53	203	+14	-32	-20
Жайрем	42	36	38	180	+55	152	+7	-52	-36
Джезказган	43	37	39	187	+59	157	+29	-50	-34
Чилик	42	35	38	224	+55	192	+22	-39	-25
Талды-Курган	43	34	38	209	+60	174	+25	-43	-31
Балхаш	41	35	37	193	+34	164	+5	-46	-30

Окончание табл. 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аральск	43	37	39	201	+27	172	-2	-42	-29
Тургай	43	37	38	186	+30	160	+4	-44	-33
Джамбул	44	35	38	222	+61	185	+24	-41	-26
Атырау	45	36	38	205	+28	173	-4	-38	-26
Алма-Ата	43	33	36	211	+35	179	+3	-35	-22
Иссык	41	31	34	212	+47	173	+8	-35	-25
Средние	43	36	38	207	+45	175	+13	-41	-28
Западно-сибирский тип климата									
Актюбинск	43	35	37	181	+40	151	+10	-48	-34
Экибастуз	43	35	35	175	+47	146	+18	-45	-36
Уральск	42	35	37	182	+31	158	+7	-43	-31
Караганда	40	33	35	153	+28	140	+15	-49	-33
Целиноград	42	34	35	152	+29	138	+15	-52	-35
Кустанай	42	34	35	171	+51	140	+20	-51	-35
Павлодар	42	35	35	175	+45	144	+14	-47	-37
Кокчетав	42	34	34	170	+50	138	+18	-51	-34
Лениногорск	35	29	30	153	+59	120	+26	-47	-34
Щучинск	39	32	33	165	+51	131	+17	-51	-35
Петропавловск	41	33	33	165	+41	131	+7	-53	-36
Средние	41	34	34	167	+42	140	+15	-49	-35
Форт Шевченко	43	35	37	228	+11	193	-24	-26	-14

Таблица 2.3. Взаимосвязь между числом дней с относительной влажностью воздуха ниже 30% за период вегетации и другими климатическими факторами

	Тип климата		Турано-казахский				Западно-сибирский	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ранговая корреляция в пределах данного типа климата между числом дней с относительной влажностью воздуха ниже 30% (апрель-сентябрь) и								
количеством в апреле-июне			-0,385	1,44	-	-0,661	2,64	0,050
атмосферных осадков в июле-сентябре			-0,697	3,37	0,010	-0,673	2,73	0,050
разница между началом и концом вегетации за год			-0,170	0,60	-	-0,620	2,37	0,050
числом дней с относительной влажностью воздуха 30%			-0,473	1,86	-	-0,582	2,15	-
в апреле-июне			0,849	5,57	0,001	0,934	7,83	0,001
в июле-сентябре			0,941	9,61	0,001	0,964	10,85	0,001
разница между началом и концом вегетации			0,132	0,46	-	0,800	4,00	0,010
абс. максимум Т воздуха			0,252	0,90	-	0,743	3,33	0,010
средн. абс. в апреле-июне			0,710	3,49	0,010	0,734	3,24	0,050
макс. Т воздуха в июле-сентябре			0,810	4,78	0,010	0,891	5,89	0,001
продолжительность безморозн. периода			-0,107	0,37	-	0,702	2,96	0,050

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
потенциальной продолжи- тельность периода ве- гетации	микро- термы	0,090	0,31	0,552	0,992	1,99	-
	сут отличие от без- морозн. периода	0,332	1,22	-	-0,520	1,83	-
	сут отличие от без- морозн. периода	0,184	0,65	-	0,861	5,08	0,001
абс. минимум Т воздуха	абс. минимум Т воздуха	0,481	1,90	-	-0,184	0,56	-
	абс. минимум Т воздуха	0,347	1,28	-	0,548	1,96	-
средн. абс. минимум Т воздуха	средн. абс. минимум Т воздуха	-0,260	0,93	-	-0,261	0,81	-

давления на растения летних экстремальных условий в различных пунктах Казахстана.

Летние климатические факторы турано-казахского и западно-сибирского рядов не зависят от параметров зимнего периода. Поэтому для сопоставления условий перезимовки растений предлагается единый климатический ряд для всей территории Казахстана, построенный на принципе максимизации среднего абсолютного минимума температуры воздуха (минимальные температуры в начале ряда ниже, чем в конце) (табл. 2.4). В этом ряду от начала к концу возрастают средняя минимальная температура воздуха за наиболее холодные месяцы (декабрь-февраль) и абсолютный минимум температуры; снижается средний вероятный период проявления весенних заморозков после достижения среднесуточной температуры $+10^{\circ}\text{C}$. Указанные взаимосвязи подтверждены корреляционным анализом.

Интересно отметить, что сам факт наличия рассмотренных выше климатических рядов очень важен для интродукторов. При равенстве или компенсации почвенных условий установленные климатические ряды могут в известной мере служить основой для анализа экстраполяционного прогноза успешности интродукции растений в различные географические точки Казахстана. В случаях решения таких задач сначала необходимо установить, к какому "летнему" региональному типу климата принадлежит новый пункт интродукции. Для этого по данным гидрометеорологической службы (многолетним) определяем знак разницы между количеством атмосферных осадков в апреле-июне и июле-сентябре. Установив тип климата, по соответствующему "летнему" ряду определяем интродукционный стационар, стоявший в ряду впереди нового пункта интродукции. Можно предположить, что растения, успешно интродуцированные в этом стационаре, будут характеризоваться достаточным уровнем засухоустойчивости для жизнедеятельности в новом месте произрастания. Для предупреждения зимнего отпада растений нужно, чтобы отобранные таксоны успешно прошли испытания на зимостойкость в более "переднем" местоположении в ряду условий перезимовки в интродукционном стационаре. Сов-

Таблица 2.4. Характеристики условий перезимовки растений в различных пунктах Казахстана

Пункт	Средн. абс. миним. T воздуха, °C	Средн. миним. T за декабрь-февраль, °C	Абс. миним. T воздуха, °C	Средн. вероятный период проявления заморозков в весенний период вегетации, сут	
				микротермы	мезотермы
Павлодар	-37	-21,6	-47	24	9
Петропавловск	-36	-21,8	-53	25	9
Жайрем	-36	-20,6	-52	29	14
Экибастуз	-36	-20,1	-45	26	13
Кустанай	-35	-21,6	-51	31	17
Целиноград	-35	-21,2	-52	23	10
Щучинск	-35	-20,5	-51	30	14
Джезказган	-34	-19,8	-45	30	16
Кокчетав	-34	-19,7	-51	31	16
Актюбинск	-34	-18,9	-48	21	8
Лениногорск	-34	-18,3	-47	38	18
Баканас	-34	-16,7	-45	29	13
Караганда	-33	-19,2	-49	28	14
Тургай	-33	-19,5	-44	15	4
Уральск	-31	-17,1	-43	18	7
Талды-Курган	-31	-15,6	-43	34	17
Балхаш	-30	-17,5	-45	19	6
Аральск	-29	-15,6	-42	11	3
Атырау	-26	-12,4	-38	14	0
Джамбул	-26	-7,5	-41	30	14
Кзыл-Орда	-25	-11,3	-38	16	3
Чилик	-25	-11,3	-39	29	13
Иссык	-25	-9,4	-35	28	7
Алма-Ата	-22	-15,2	-35	22	5
Чимкент	-20	-6,1	-32	27	7
Форт. Шевченко	-14	-4,4	-26	5	0

местный отбор растений для перспективных списков и по засухо- и морозостойкости позволит повысить точность интродукционного прогноза при экстраполяционном подходе к нему.

В дополнение к сказанному остановимся на оценках комплексных показателей климатического режима. Расчеты показателей были выполнены с целью углубить представление об экологических координатах территории Казахстана, в том числе пунктов, охваченных интродукционными исследованиями республиканской Академии наук. Одновременно мы можем оценить иерархию рангов изучаемых показателей каждого пункта по отношению к другим пунктам, а также проследить наличие или отсутствие корреляции комплексных показателей с типами климата в Казахстане.

Методиками комплексных оценок климата предусматриваются либо расчеты цифровых показателей, обычно основывающиеся на учете в среднем двух параметров климата, либо для этой цели используются климаграммы. Один из распространенных способов такой оценки — климаграммы Вальтера, позволяющие графически отразить соотношение одновременно режима осадков и температуры воздуха в динамике по месяцам года.

Для сравнения климатической характеристики географических пунктов на основе вышеназванных параметров климата рассчитывались континентальность климата по Горчинскому и по Ценкеру применительно к СССР (СНГ), гидрометрический коэффициент Селянинова (Атлас СССР, 1984) и коэффициент увлажнения по В.С. Мезенцеву (1973). Строились климаграммы Вальтера (1968), отражающие различия или общность между отдельными пунктами и климатическими районами Казахстана.

Коэффициент увлажнения по Мезенцеву рассчитывался по формуле $K = \frac{K_x}{Z_m}$, где K_x — исправленная сумма годовых осадков, мм; Z_m — максимально возможное испарение, равное $0,2 \sum t > 10 + 306$. Исходные данные для определения коэффициента влажности брались из следующих источников:

сумма годовых осадков – из "Справочника по климату СССР. Осадки" (1966), сумма положительных температур $>10^{\circ}\text{C}$ за годовой период – из "Справочника по климату СССР. Температура воздуха" (1966).

Гидротермический коэффициент Селянинова рассчитывался по формуле $\text{ГТК} = \frac{H \cdot 10}{\sum t}$, где H – количество осадков, мм; $\sum t$ – сумма положительных температур (в нашем случае брался период с устойчивой температурой более 10°C). Исходные данные брались из тех же источников, что и по коэффициенту увлажнения.

Континентальность климата по Горчинскому (Борисов, 1975) рассчитывалась по формуле $K = A \cdot 1,7 \sin^2 \varphi - 20$, где A – среднегодовая амплитуда колебания температуры воздуха; φ – широта местности; K – континентальность климата.

Среднегодовая амплитуда колебания температуры воздуха была найдена по каждому пункту как средняя из абсолютных максимумов и минимумов температур; широта местности определялась по гипсометрической карте "Атласа Казахской ССР" (1982), а ее синус – по таблицам М.В.Брадиса (1965).

Континентальность климата по Ценкеру (Борисов, 1975) рассчитывалась по формуле $K = \frac{A}{\varphi} \cdot 100$, где K – континентальность климата; φ – широта местности; A – среднегодовая амплитуда колебания температуры воздуха.

Особенности интерпретации содержания перечисленных комплексных показателей следующие: коэффициент по Мезенцеву и ГТК Селянинова – два взаимоудостоверяющие показателя, отражающие, в какой степени осадки возмещают испарение с поверхности ландшафта. Если, например, в коэффициенте Мезенцева $Z_m = K_x$, то это указывает на некоторое равновесие тепла и влаги, благоприятное для растительности. Значение коэффициента ниже 1 указывает на возрастающую аридность пункта, а больше 1 – на возрастающие избытки влаги.

Как отмечает А.А.Борисов (1975), формула Горчинского может давать заниженные результаты, поэтому для расчетов континентальности климата целесообразнее дублировать оценки по формуле Ценкера.

Графическое изображение климата с помощью климаграмм Вальтера позволяет выявить характерные особенности типов климата, его различия или сходство с климатами других местностей. При составлении климаграмм Вальтера используется предложенное Х.Госсеном (Joussen, 1955) соотношение между средней месячной температурой и количеством осадков, как 1:2, т.е. 1°C соответствует 20 мм осадков. При таком масштабе ($T:O_c=1:2$) засушливая часть года характеризуется кривой осадков, расположенной ниже температурной кривой. Сравнение этих двух кривых полезно, так как температурная кривая может служить показателем годового хода испарения. Она отражает расход влаги, а кривая осадков — ее приход; обе кривые дают представление о характере водного баланса данной территории. Следует учесть, что резкой границы между засушливым и влажным временем года не существует. Поэтому любое принятое соотношение в известной мере произвольно, важно лишь, чтобы правильно были отражены истинные условия. На климаграмме Вальтера наносятся длительность и режим холодного времени года; название метеостанции; h — высота над ур.м., м; d — среднегодовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; e — годовая сумма осадков, мм; q — абсолютный минимум температуры воздуха; i — абсолютный максимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

По оси абсцисс отложены 12 делений, соответствующих месяцам года, а по оси ординат слева — шкала средних месячных температур воздуха, справа — шкалы месячных сумм осадков в М 1:2 (на 10° температуры 20 мм осадков) и 1:3 (на 10° температуры 30 мм осадков). Сплошной линией изображена кривая температуры воздуха (отсчет по левой шкале), точечной — кривая осадков в М 1:2, ограничивающая засушливый период, а пунктирной — кривая осадков в М 1:3, ограничивающая полусушливый период. Штриховкой с наклоном вправо выделена площадь, заключенная между кривыми осадков 1:2 и температуры. Она отражает продолжительность (по горизонтали) и интенсивность (по вертикали) засушливого периода. Аналогичные сведения о

полузасушливом периоде позволяют получить контуры площади графика со штриховкой, наклонной влево.

Рассчитанные нами аналитические комплексные показатели климата для городов Казахстана представлены в таблицах 2.5-2.8, при составлении которых ставилась задача проследить характер зависимости показателей от отношения пункта к тому или иному типу климата, а также представительность имеющихся центров интродукции для экологического спектра территории республики.

Так, по коэффициенту увлажнения климата (по Мезенцеву) им охватывается диапазон от 0,15 (пос.Баканас), характеризующего высокую аридность климата, до 1,1 (Пениногорск), свидетельствующего об избытке влаги. Наличие отмеченного факта подтверждают и расчеты гидротермического коэффициента Селянинова, по которым имеющиеся центры интродукции репрезентативны для всего диапазона изменчивости коэффициента.

Аналогичный вывод можно сделать и относительно коэффициентов Горчинского и Ценкера, характеризующих континентальность климата.

По шкале А.А.Борисова (1975) на основе коэффициента Ценкера для Казахстана можно определить наличие, по крайней мере, трех зон континентальности климата. Здесь представлены зоны континентального (коэффициент Ценкера до 50%); резко континентального (51-80%) и самого континентального климата, при котором коэффициент Ценкера превышает 81% (см. табл. 2.8).

Вместе с тем корреляционный анализ связи рассматриваемых показателей с типами климата не позволяет констатировать наличие однозначно высоких коэффициентов корреляции (табл. 2.9).

Наиболее тесной оказалась связь коэффициентов Селянинова (ГТК) и Ценкера (континентальность климата). Она близка к 80% от полной неразрывной связи, при которой зависимость является функциональной. Для дублирующих эти показатели расчетов по Мезенцеву и Горчинскому связь близка к 60% и уровень ее достоверности ниже. Следова-

Таблица 2.5. Коэффициент увлажнения по Мезенцеву для пунктов разного типа климата

Пункт	Коэффициент увлажнения	Тип климата	
		турано-казахский	западно-сибирский
Кзыл-Орда	0,14	+	
Чилик	0,15	+	
Баканас*	0,15	+	
Балхан	0,16	+	
Алма-Ата**	0,16	+	
Аральск	0,16	+	
Джезказган**	0,17	+	
Караганда**	0,19		+
Атырау*	0,23	+	
Тургай	0,30	+	
Джамбул	0,35	+	
Актюбинск	0,36		+
Кокчетав	0,37		+
Экибастуз*	0,41		+
Уральск	0,41		+
Павлодар	0,43		+
Талды-Курган	0,43	+	
Кустанай	0,47		+
Чимкент	0,47	+	
Целиноград	0,53		+
Лениногорск**	1,1		+

Здесь и далее обозначены города, где расположены центры интродукции системы Академии наук Республики Казахстан.

Таблица 2.6. Гидротермический коэффициент по Селянинову
для пунктов разного типа климата

Пункт	ГТК за период 1У-Х мес	Тип климата	
		турано-казахский	западно-сибирский
Кзыл-Орда	0,1	+	
Аральск	0,2	+	
Балхаш	0,3	+	
Атырау*	0,3	+	
Джезказган**	0,3	+	
Баканас*	0,4	+	
Джамбул	0,5	+	
Жайрем**	0,5	+	
Тургай	0,5	+	
Чимкент	0,5	+	
Чилик	0,5	+	
Талды-Курган	0,7	+	
Уральск	0,7		+
Павлодар	0,8		+
Караганда*	0,9		+
Экибастуз*	0,9		+
Кокчетав	1,0		+
Кустанай	1,1		+
Целиноград	1,1		+
Алма-Ата*	1,2	+	
Петропавловск	1,4		+
Щучинск	1,4		+
Актюбинск	1,5		+
Лениногорск**	3,2		+

Таблица 2.7. Континентальность климата по Горчинскому для пунктов разного типа климата

Пункт	Коэффициент континентальности климата	Тип климата	
		турано-казахский	западно-сибирский
Алма-Ата*	21,2	+	
Чилик	21,6	+	
Балхаш	22,6	+	
Чимкент	22,6	+	
Атырау	22,7	+	
Джамбул	23,1	+	
Караганда*	23,8		+
Аральск	24,1	+	
Уральск	24,4		+
Талды-Курган	24,6	+	
Кзыл-Орда	25,1	+	
Лениногорск*	25,2		+
Актюбинск	25,3		+
Целиноград	26,1		+
Шучинск	26,1		+
Джезказган*	26,4	+	
Жайрем*	26,4	+	
Тургай	26,3	+	
Баканас*	27,0	+	
Кустанай	27,5		+
Петропавловск	27,6		+
Павлодар	28,1		+
Экибастуз*	29,4		+
Кокчетав	30,9		+

Таблица 2.8. Континентальность климата по Пенкеру для пунктов разного типа климата

Пункт	Коэффициент континентальности климата	Тип климата	
		турано-казахский	западно-бирский
Ленингорск**	45		+
Баканас*	55	+	
Петропавловск	62		+
Кустанай	66		+
Уральск	66		+
Караганда*	68		+
Целиноград	68		+
Павлодар	69		+
Экибастуз*	69		+
Актюбинск	70		+
Кокчетав	71		+
Щучинск	64		+
Тургай	72	+	
Атырау*	73	+	
Балхаш	73	+	
Аральск	76	+	
Джезказган*	76	+	
Жайрем**	77	+	
Чилик	80	+	
Талды-Курган	82	+	
Алма-Ата*	83	+	
Кзыл-Орда	83	+	
Джамбул	87	+	
Чимкент	89	+	

Таблица 2.9. Теснота связи показателей климата по пунктам с типами климата, по которым они распределены

Показатель климата – статистические оценки	ГТК по Селянинову	Коэффициент увлажнения по Мезенцеву	Континентальность климата по Ценкеру	Континентальность климата по Горчинскому
--	-------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--

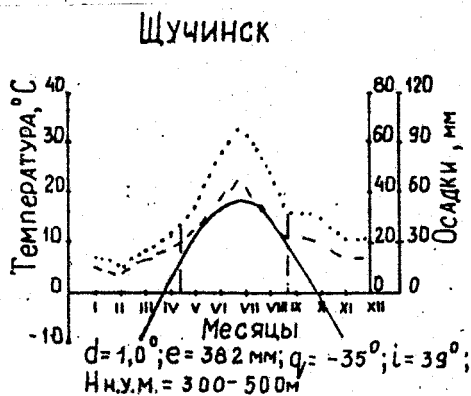
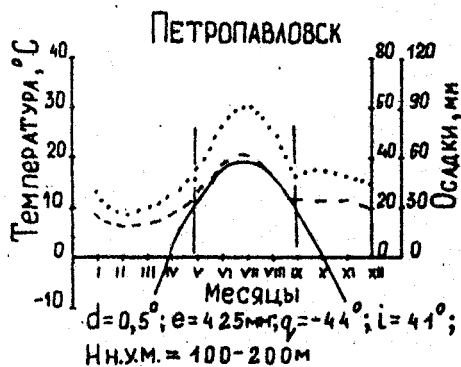
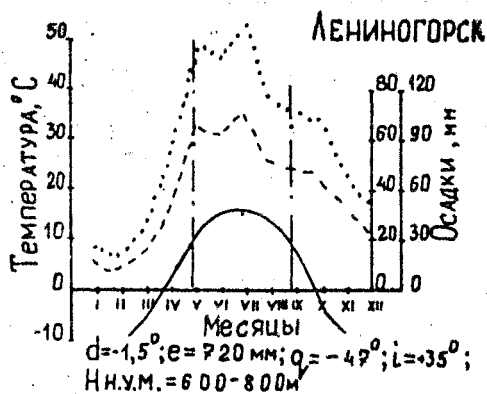
Коэффициент корреляции	0,80	0,65	0,77	0,57
Уровень достоверности коэффициента	0,001	0,01	0,001	0,01

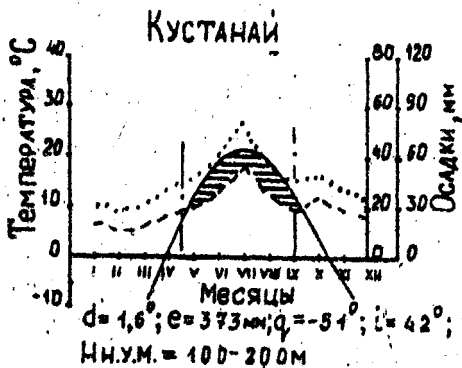
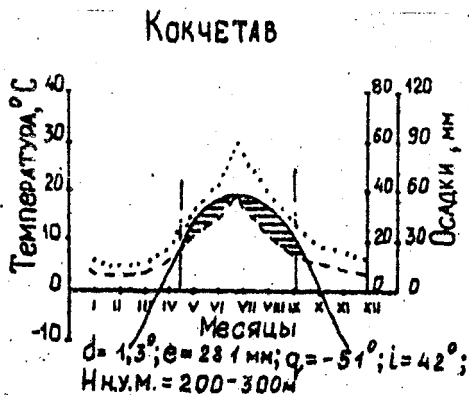
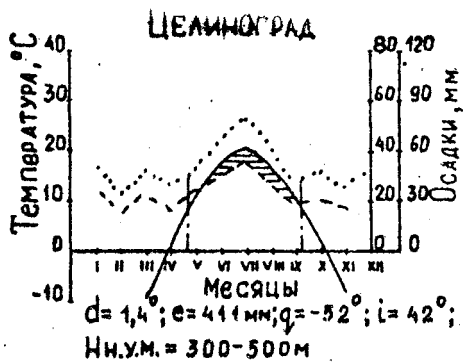
тельно, в случае необходимости использования указанных показателей предпочтительнее принять для исследований первые два.

Однако вслед за другими авторами (Ключников, Зарембо, 1981) можно отметить, что принятое в настоящее время агроклиматическое районирование, основанное на градациях уровней гидротермических коэффициентов и термических ресурсов, не позволяет учитывать дифференциацию климата по различным срокам вегетации растений.

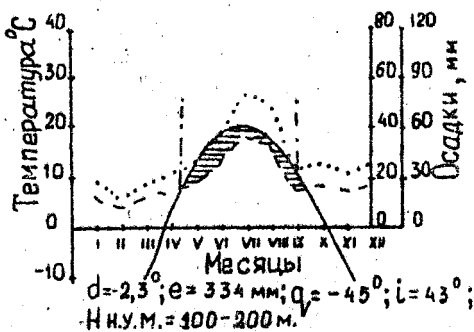
В целом выполненный выше анализ климатических параметров позволяет, с одной стороны, отметить важность дифференцировки двух типов климата Казахстана и высокую вероятность связи с ними характера роста и развития растений, а с другой, очевидна необходимость более глубокой, количественной и комплексной детализации климатического режима.

Для решения такой задачи нами использовался метод построения климаграмм, позволяющих многопланово и наглядно оценить разнообразие климатического режима местности, избегая тем самым недостатки обобщенной характеристики, свойственной гидротермическим коэффициентам. Остановимся на материалах построенных нами климаграмм Вальтера (рисунки 2.1-2.2).

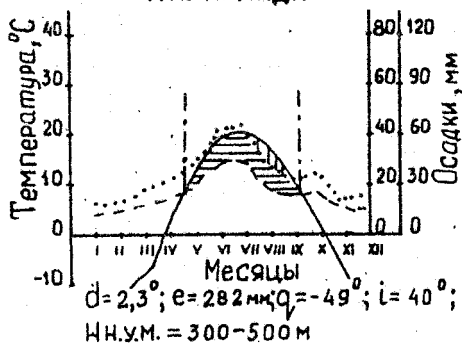




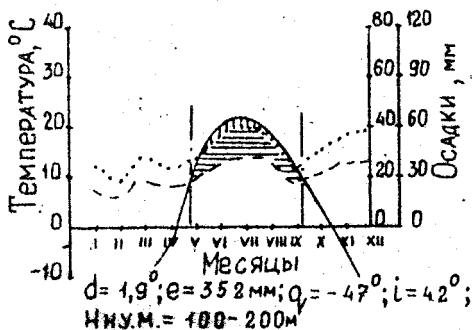
ЭКИБАСТУЗ

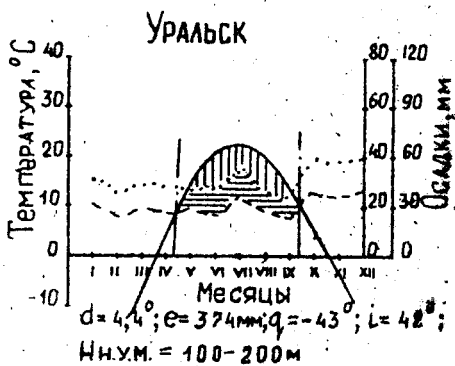
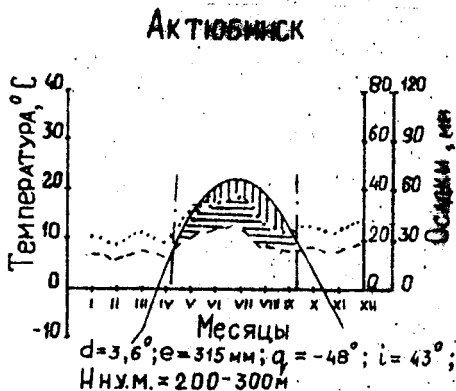
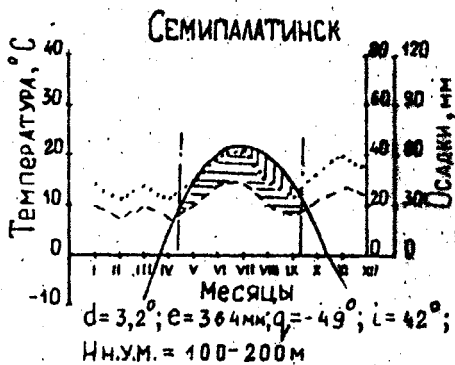


КАРАГАНДА

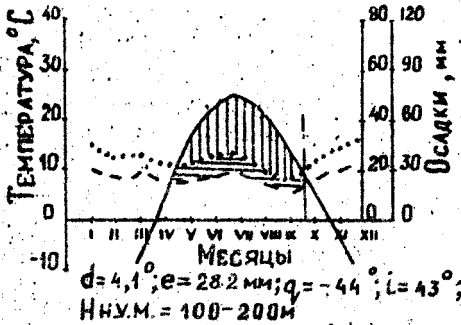


ПАВЛОДАР

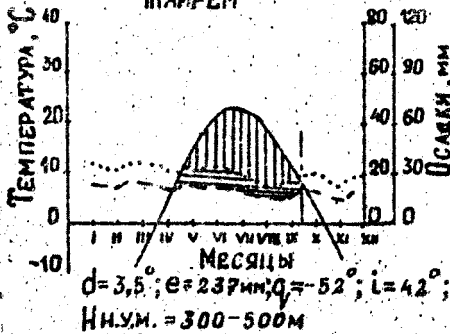




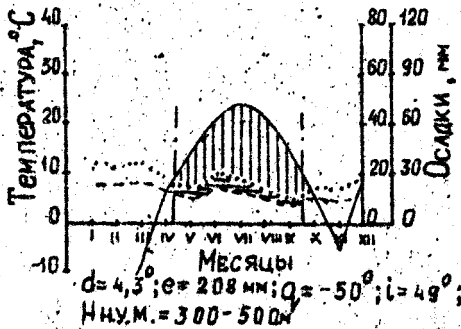
ТУРГАЙ

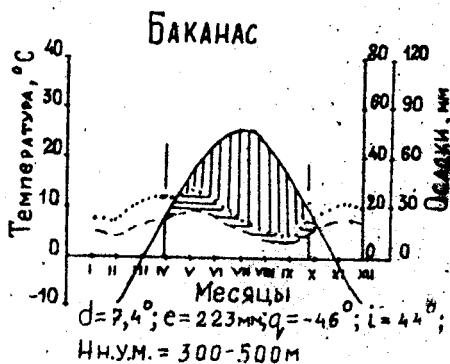
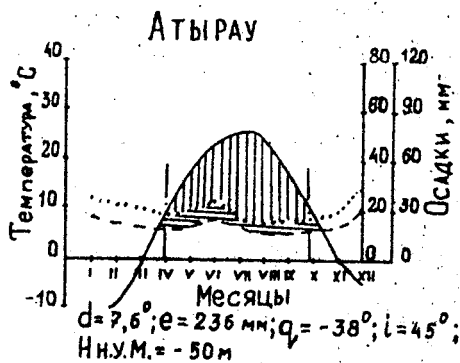
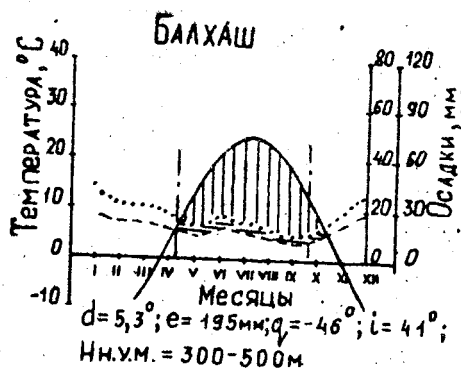


ЖАЙРЕМ

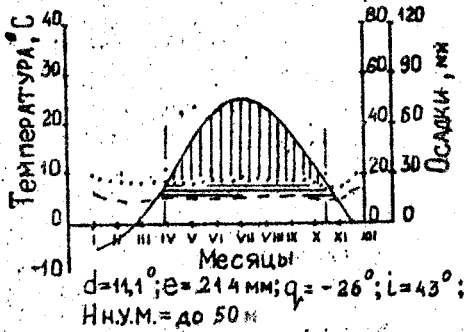


ДЖЕЗКАЗГАН





АКТАУ



Кзыл-Орда

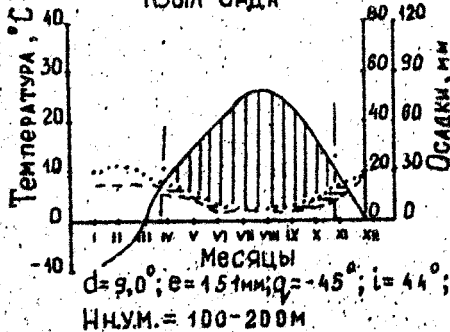


Рис. 2.1. Климаграммы пунктов первого климатического ряда Казахстана:
 ————— — средние месячные температуры воздуха; - - - - - месячные суммы осадков в масштабе на 10°C — 30 мм осадков; — месячные суммы осадков в масштабе на 10°C — 20 мм осадков; -.-.- границы перехода температуры воздуха через 10°C ; h — высота над ур.м., м; d — среднегодовая температура воздуха,

$^{\circ}\text{C}$; e — годовая сумма осадков, мм; q — абсолютный минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$; i — абсолютный максимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Группируя климаграммы различных городов Казахстана по признакам длительности засушливого периода, его календарной приуроченности, характера распределения осадков и длительности периода вегетации, удалось выявить два основных экологических ряда степени возрастания аридности климата на территории республики.

А. Первый ряд (см. рис. 2.1), характеризуется постепенным и в целом распространяющимся на весь период вегетации возрастанием засушливости климата. Отдельные части ряда можно сгруппировать в следующей последовательности:

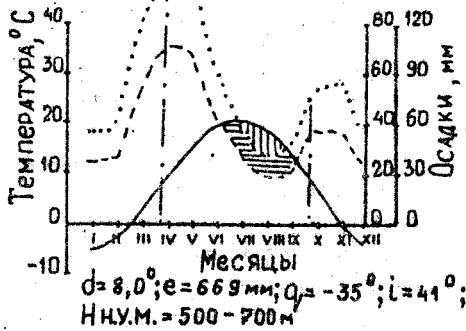
1. Влажный весь период вегетации. Максимальное количество осадков выпадает в середине периода вегетации (июнь—июль). Период вегетации короткий (120—130 дней). Этот тип климата иллюстрируется климаграммами Щучинска, Петропавловска, Лениногорска.

П. Полузасушливый весь период вегетации. Максимум осадков выпадает в середине периода вегетации (июнь—июль). Более длителен период вегетации (130—144 дня). Иллюстрируется климаграммами Целинограда, Кокчетова, Кустаная, Экибастуа.

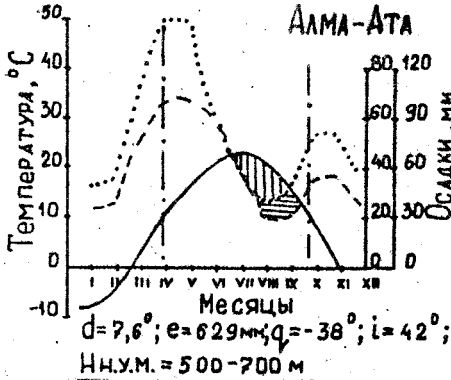
Ш. Полузасушливая весна. Засушливая летне-осенняя часть периода вегетации. Максимум осадков приходится на середину периода вегетации (июнь—июль). Длительность периода вегетации средняя (138—150 дней). Иллюстрируется климаграммами Караганды, Павлодара, Актюбинска, Уральска, Тургая.

У. Засушливый весь период вегетации. Максимум осадков смещен к весенним месяцам (обычно к апрелю). Длительность периода вегетации наибольшая (150—222 дня). Иллюстрируется климаграммами Жайрема, Джезказгана, Балхаша, Атырау, Баканаса, Актау, Кызыл-Орды.

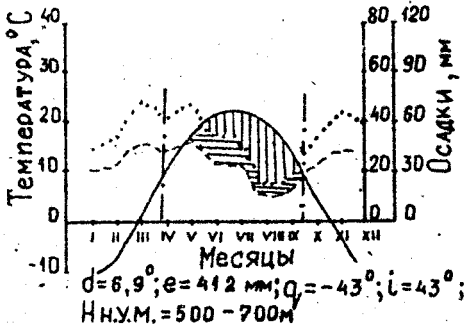
Иссык



Алма-Ата



Талды-Курган



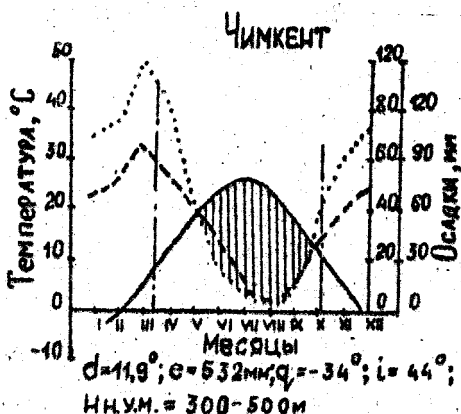
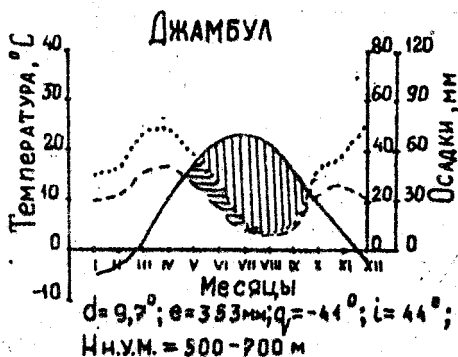


Рис. 2.2. Климаграммы пунктов второго климатического ряда Казахстана. Обозначения те же, что и на рис. 2.1

Б. Второй ординированный климатический ряд Казахстана (см. рис. 2.2) отличается от первого тем, что весной и в начале лета (апреле-июне) засушливость климата не проявляется из-за довольно значительных количеств выпадающих осадков. В этом отношении климат местности формируется по типу средиземноморского. Засушливостью же характеризуется летне-осенняя часть периода вегетации, причем

поздней осенью обычно наблюдается вновь существенное увеличение осадков, обеспечивающее предзимний влагозаряд почвы. Длительность периода вегетации высокая (168–198 дней). Иллюстрируется климаграммами Иссыка, Алматы, Талды-Кургана, Джамбула, Чимкента.

На основе рассмотренных материалов ординации можно дать схему районирования климата в пределах республики (рис. 2.3).

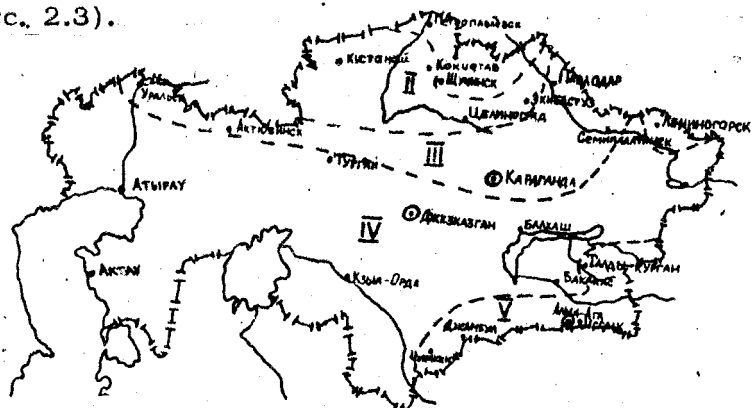


Рис. 2.3. Схема климатического районирования территории Казахстана. Описание см. в тексте.

Рассматривая схему, приходится констатировать слишком высокий уровень обобщенности подхода, которым территория Казахстана дифференцировалась по двум типам климата (Борисов, 1967): западно-сибирскому и турано-казахскому. При этом, хотя как генерально обобщенные такие типы климата и могут представлять интерес, нужно иметь в виду, что внутри охватываемых ими регионов имеет место значительная неоднородность.

Далее, как представляется, выполненная количественная ординация климата Казахстана может лучше отвечать задачам интродукционной работы, так как учитывает многофакторные взаимозависимости параметров климата. С учетом этого целесообразнее рассматривать оба представленных под-

хода к районированию с позиции дифференциации почвенного покрова.

Рассмотрим дифференциацию почв с позиций установленных климатических рядов, отражающих западно-сибирский и турано-казахский типы климата. Данные о типизации почв взяты по климатическим и агроклиматическим справочникам

<u>Пункт</u>	<u>Характеристика почв</u>
Западно-сибирский климатический ряд	
Актюбинск	Темно-каштановая солонцеватая
Экибастуз	Темно-каштановая солонцеватая малогумусная
Уральск	Темно-каштановая суглинистая
Караганда	Темно-каштановая суглинистая сла- босолонцеватая
Целиноград	Темно-каштановая тяжелосуглинистая
Кустанай	Чернозем южный малогумусный
Павлодар	Светло-каштановая супесчаная
Кокчетав	Чернозем южный малогумусный
Лениногорск	Чернозем суглинистый
Шучинск	Чернозем обыкновенный среднегу- мусный
Петропавловск	То же
Турано-казахский климатический ряд	
Кзыл-Орда	Такыровидный солончаковый серозем
Баканас	Такыровидная лугово-сероземная с солончаками легкосуглинистая
Чимкент	Серозем южный, темный, тяжелосуг- линистый
Жайрем	Светло-каштановая солонцеватая
Джезказган	Бурая пустынно-степная солонцеватая
Чилик	Светло-каштановая суглинистая с пятнами солончаков
Талды-Курган	Светло-каштановая суглинистая

Балхаш	Светло-каштановая суглинистая
Аральск	Плотно слежавшийся песок с примесью наносного ила
Тургай	Темно-каштановая солонцеватая с солонцами
Джамбул	Лугово-сероземная с солонцами и солончаками
Атырау	Аллювиально-луговая, пустынно-степная в комплексе с солончаками
Алма-Ата	Предгорный чернозем легкосуглинистый и темно-каштановый
Иссык	Горно-каштановый и предгорный чернозем
Форт Шевченко	Серо-бурая со щебистым панцирем в комплексе с солончаками

Западно-сибирскому климатическому ряду соответствует практически однозначный почвенный ряд, охватывающий спектр от черноземов до темно-каштановых почв. От начала к концу ряда эдафические условия приобретают большую благоприятность для растений вследствие увеличения содержания гумуса, снижения и полного отсутствия засоленности.

Однако такой однозначности не наблюдается при анализе почв географических пунктов, принадлежащих турано-казахскому климату. Общее направление изменения почв в этом ряду — от такыровидных засоленных сероземов к темно-каштановым незасоленным. Так же, как и в вышеописанном ряду, эдафическое благоприятствие для растений имеет тенденцию увеличиваться от начала к концу ряда. Однако в пределах Турано-Казахской климатической области имеет место большая пестрота почвенного покрова и нет однозначной зависимости между климатическими эдафическими условиями. Турано-казахский климатический ряд не может претендовать на статус обобщающей экологической закономерности в эдафическом плане, хотя позволяет ориентироваться в степени благоприятности почвенных условий для растений.

Соотношения почвенных характеристик географических пунктов, относящихся к Западно-Сибирской и Турано-Казахской климатическим областям, показывают, что почвы последней наименее благоприятны для растений. Лучшие почвы характерны для конца турано-казахского климатического ряда. Можно сказать, что благоприятствие почвенных условий имеет тенденцию возрастать от начала турано-казахского климатического ряда к концу западно-сибирского.

Рассмотренные особенности дифференциации почвенного покрова можно детализировать с использованием вышеприведенной схемы ординации климата Казахстана, выполненной с помощью климаграмм Вальтера. В табл. 2.10 города располагаются в последовательности возрастания аридности климата, а также длительности периода вегетации (число дней с температурой воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$). Для городов каждого климатического ряда характеристика почв выписана в правой части таблицы.

Анализируя данные табл. 2.10, приходим к заключению, что объективность предлагаемых нами рядов ординации климата для условий Казахстана в целом, находит подтверждение и в характере изменения почвенного покрова местности. В первом ряду ординации в направлении от 1 к 1У группе пунктов одновременно с возрастанием засушливости периода вегетации и увеличением длительности теплого периода закономерно падает богатство почвы, обеспеченность ее гумусом, развиваются признаки пустынных почв.

Закономерные тенденции изменения почв от более богатых к бедным имеют место и внутри каждой выделенной группы городов, ординированных по степени возрастания аридности климата. Данная закономерность подтверждается и на примере У группы городов, представляющих второй климатический ряд ординации.

Следовательно, использованный нами подход к ординации климата позволяет обнаружить и упорядочить более общие экологические закономерности, охватывающие и дифференциацию почвенного покрова. В данном плане использованный метод количественной ординации климата оправдан для целей интродукции растений.

Таблица 2.10. Почвенные характеристики географических пунктов разных типов климата Казахстана

Тип климата	Пункт	Длительность периода вегетации	Почва
1	2	3	4
I	Лениногорск	120	Чернозем суглинистый
	Петропавловск	120	Чернозем обыкновенный среднегумусный
	Щучинск	126	То же
II	Кокчетав	132	Чернозем южный малогумусный
	Кустанай	138	То же
	Экибастуэ	144	Темно-каштановая, солонцеватая малогумусная
III	Караганда	138	Темно-каштановая суглинистая слабосолонцеватая
	Павлодар	138	Светло-каштановая супесчаная
	Актюбинск	150	Темно-каштановая солонцеватая
	Уральск	150	Темно-каштановая суглинистая
	Тургай	156	Темно-каштановая солонцеватая с солонцами
IV	Жайрем	150	Светло-каштановая солонцеватая
	Джезказган	156	Буря пустынно-степная солонцеватая
	Балкаш	166	Светло-каштановая суглинистая
	Атырау	168	Пустынно-степная в комплексе с солончками

1	2	3	4
	Баканас	174	Такыровидная лугово-сероземная с солончаками легкосуглинистая
	Кзыл-Орда	222	Такыровидный солончаковый серозем
У	Талды-Курган	168	Светло-каштановая суглинистая
	Алма-Ата	174	Темно-каштановая
	Иссык	180	Горно-каштановая
	Джамбул	186	Лугово-сероземная с солонцами и солончаками
	Чимкент	198	Серозем южный темный тяжелосуглинистый

Таким образом, анализ опыта районирования Казахстана, дифференциации состояний основных климатических факторов, климатического режима в целом как комплекса взаимодействующих факторов и почвенного покрова республики позволил подойти к решению задачи такого районирования территории республики, которое бы лучше всего отвечало специфике работы по интродукции растений в данном регионе. В предложенном на базе количественной ординации решении задачи районирования территории республики учитываются наличие или отсутствие засушливого, полусушливого и влажного периодов во время вегетации растений и их длительности по сезонам года; время периода вегетации, на которое приходится максимум дождевых осадков; длительность периода вегетации; количество выпавших дождевых осадков; дифференциация почвенного покрова и др.

Полученные по данным этих исследований схема районирования территории и материалы анализа климатической и почвенной характеристик 26 пунктов Казахстана позволяют составить базовые экологические ряды пунктов для создания сети интродукционных учреждений, обеспечивающих в пер-

спективе реализацию интерполяционного прогноза результатов интродукции. Для Казахстана целесообразно выделить два базовых экологических ряда, отличающихся климатическим режимом.

К числу пунктов базовой перспективной сети центров интродукции, обеспечивающей выполнение экологического прогноза результатов интродукции, относятся: по первому ряду ординации почвенно-климатических условий – Лениногорск, Щучинск, Экибастуз, Караганда, Актюбинск, Джезказган, Баканас, Кзыл-Орда; по второму – Алма-Ата, Чимкент. Первый ряд характеризуется постепенным нарастанием степени аридности климата, охватывающим весь период вегетации растений, а второй – климатом, близким к средиземноморскому, когда изменения аридности условий обитания происходят в послевесеннее время.

Как свидетельствует перечень пунктов, в 6 из них имеются стационарные центры интродукции системы АН Республики Казахстан, в двух (Щучинске и Чимкенте) – центры интродукции других ведомств, а два других (Актюбинск и Кзыл-Орда) не обеспечены стационарными интродукционными исследованиями. В целом же единой программой интродукционных исследований взаимосвязаны только базовые пункты системы АН. Отсюда вытекает задача наращивания республиканской системы центров интродукции растений и координации их работы.

Глава 3

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТРОДУКЦИИ

Проблема прогнозирования результатов введения растений в культуру занимает одно из главных мест в теории, методологии и практике интродукции растений. Именно с решения задачи прогнозирования поведения растений в новых условиях начинается работа по подбору ассортимента растений, подлежащих интродукции, и от успешности ее решения в основном зависят себестоимость, эффективность и быстрота осуществления интродукции. Дендрологами Казахстана в качестве научно-методической основы прогнозирования при интродукции растений применялся флорогенетический метод, а также метод климатических аналогов Майера (Проскураков, Рубаник, 1986). Использование данной методической основы на определенном этапе, несомненно, оправдывало себя. Вместе с тем по мере накопления фактического материала и методических разработок к настоящему времени в этом направлении уже обозначились новые подходы и перспективы. Сложности решения проблемы прогнозирования определяются разнообразием свойств у каждого вида растений и флористического состава растительности на земле, непрерывным изменением физико-географической среды от точки к точке земной поверхности, а также тем, что помимо физико-географических условий на сохранность и жизнеспособность интродуцируемых видов растений влияет и фитоценотическая среда, в которой они обитают. При

этом задача прогнозирования усложняется еще и тем, что каждый прямодействующий фактор среды обитания, как правило, влияет на растение не сам по себе, а в сочетании с другими, т.е. проявляется эффект взаимодействия факторов, что на много порядков увеличивает разнообразие состояний среды обитания растений. К тому же, с возрастом у растений меняются их адаптационные способности и устойчивость к тем или иным стресс-факторам.

С другой стороны, нередко имеет место тот факт, что потенциальные возможности адаптации растений оказываются гораздо шире того диапазона условий обитания, в пределах которого находится существующий на данный период ареал вида. Это обуславливается наличием адаптационных потенций, приобретенных и сохраненных в генофонде вида в исторически далекие периоды его формирования.

Таким образом, необходимо постоянное совершенствование методов прогнозирования, повышение их точности и снижение себестоимости работ. Однако, поскольку все вопросы прогнозирования так или иначе связаны с экологическими свойствами растений и средой их обитания, решение данной проблемы относится к области экологии. В целом на сегодня мы имеем два основных подхода к решению проблемы прогнозирования результатов интродукции: экстраполяционный и интерполяционный.

Экстраполяционный прогноз возможности введения того или иного вида в культуру выполняется для местоположений, которые по своей экологической характеристике находятся за пределами естественного или уже освоенного культурного ареала вида. Путем же интерполяции прогнозируется поведение вида для условий обитания, характеристика которых является промежуточной между ранее изученными.

3.1. Научные основы экстраполяционного прогноза в интродукции растений

История становления прогнозных решений в интродукции началась с развития в первую очередь экстраполяционных методов. Еще на заре зарождения теории интродукции основоположник ботанической географии А.Гумбольдт (Humboldt,

1817) сформулировал положение о том, что для обеспечения удачного переноса растений в другую область наибольшее внимание надо уделять климатическим показателям, в первую очередь температурному фактору и особенно сумме температур, получаемых растениями за период вегетации. Успех интродукции, по его мнению, обеспечивался лишь в том случае, если сумма положительных температур на новом месте будет не ниже, чем на родине растения.

А. Декандоль (1839) при прогнозе успешности интродукции считал необходимым подсчитывать сумму температур, необходимых для начала развития растений.

А. Н. Краснов (1899), исходя из предположения о том, что бедность арборифлоры может объясняться не только современными климатическими условиями, но и выпадением видов в ледниковый период, предлагал осуществлять прогноз при подборе видов для интродукции на основе сходства всего комплекса географических условий (климата, растительности, почвы, животного мира), ландшафта родины интродуцента и нового места для его культивирования.

Из методов экстраполяционного прогнозирования наиболее широкое применение получил метод климатических аналогов Г. Майера (Maуr, 1909). В книге "Лесоводство на основе законов природы" он описывает совмещенные климатические, ландшафтные и дендрологические зоны для Северного полушария и выделяет "лесные зоны", называя их по древесным доминантам — индикаторам температурного режима (зона пальм, лавра, каштана, бука, хвойных лесов, полярных видов). Прогноз успешности интродукции считался положительным, если растение предполагалось переносить в аналогичную зону. Наряду с климатическими условиями Г. Майер рекомендовал всесторонне учитывать природную обстановку в целом, биологические условия на родине и в местах интродукции растений.

При использовании метода климатических аналогов нередко для прогнозирования успешности интродукции учитывается какой-либо один лимитирующий фактор, однако это не всегда позволяет добиться удовлетворительной точности прогноза. Для уяснения данного вопроса остановимся на

выполненном А.Редером (Rehder, 1949) районировании древесных растений в Северной Америке, которое широко используется интродукторами при прогнозировании. А.Редер разделил эту территорию на 7 фитоклиматических зон в зависимости от уровней средних многолетних годовых абсолютных минимумов температуры: I зона — ниже 50°C ; II — $50-35^{\circ}$; III — $35-20^{\circ}$; IV — $20-10^{\circ}$; V — $10-5^{\circ}$; VI — $5-+5^{\circ}$ и VII — $+5-+10^{\circ}\text{C}$. Далее А.Редер охарактеризовал широкий круг древесных и кустарниковых растений как северо-американского, так и иного происхождения по перспективности выращивания в каждой определенной фитоклиматической зоне. По существу, зоны А.Редера соответствуют нижним границам диапазонов экологической пластичности растений по морозоустойчивости, а дифференциация видов по зонам соответствует прогнозируемым А.Редером градациям их морозоустойчивости. Модель Редера однофакторная, учитывает только реакцию растений на минимальные температуры.

Но еще до Редера И.В.Мичурин (1948) на примере сибирского абрикоса показал, что растения северного происхождения могут повреждаться морозом в более южных широтах. В связи с этим И.В.Мичурин и вслед за ним А.В.Гурский (1957) делают вывод о том, что успех интродукции древесных растений в новом районе определяется как сходством зимних морозов, так и общим годовым ритмом экологических факторов. Отсюда общая зимостойкость растений может определяться не только интенсивностью стрессовых воздействий, но и подготовленностью к ним организмов. Например, как отмечает И.И.Туманов (1974), сокращение срока периода вегетации приводит к снижению морозостойкости растений. Действительно, как нами было выяснено, для условий Казахстана однофакторное (с учетом только минимумов температуры) прогнозирование морозостойкости возможно с удовлетворительной точностью лишь при продолжительности безморозного периода 120-125 дней и более. При меньшей длительности безморозного периода морозостойкость растений существенно зависит как от интенсив-

ности воздействия минимальной температуры зимой, так и от продолжительности предшествующей вегетации растений, т.е. прогноз в данном случае должен основываться на двухфакторном анализе. Этот пример показывает, что при прогнозировании методом климатических аналогов необходим глубоко дифференцированный подход, учитывающий не только эффект влияния природных стресс-факторов, как каждого в отдельности, так и во взаимодействии, но и степень вероятной подготовленности самих растений к этому стрессовому воздействию. У одних и тех же видов она может быть разной в зависимости от особенностей их предшествовавшего роста и развития.

Вместе с тем, как было показано Н.И.Вавиловым (1965); метод климатических аналогов имеет существенный недостаток, который заключается в том, что он не учитывает полиморфизм и связанное с ним разнообразие экологических свойств внутри видов. Но поскольку вид является сложной системой форм, нередко глубоко дифференцированной в соответствии с разнообразием условий среды, то далеко не безразлично, какую часть видового разнообразия охватывает интродукция (Вавилов, 1965). В связи с этим Н.И.Вавилов предлагает развивать метод экологических аналогов, в котором бы учитывались адаптационные способности форм внутри вида и отбор растений для интродукции проводился с учетом их внутривидовой дифференциации. Как отмечает Н.И.Вавилов (1965), климатические аналоги Майера должны быть заменены экологическими, т.е. более комплексным учетом взаимоотношений среды и произрастания растений. Экология и климатология не одно и то же. Н.И.Вавилов полагал, что особым разнообразием отличаются климатические и почвенные условия горных стран и потому здесь резко выражены формообразовательный процесс и дифференциация на соответствующие экотипы, которые очень важно учитывать при интродукции.

Для реализации этих идей нами были выполнены специальные исследования и разработана методика выделения экотипов у лесобразующих видов в горах. Доказано (Проскураков, Пусурманов, Кокорева, 1986), что дифференци-

рованный прогнозный подбор внутривидовых форм растений для целей интродукции из горных местообитаний, где среда меняется буквально рядом, с поворотом ориентации склона или изменением высоты местности, возможен на базе региональных моделей встречаемости внутривидовых форм.

В развитие экстраполяционного подхода к прогнозированию М.В.Культясовым (1953) был предложен эколого-исторический метод. Основой для разработки данного метода явился сделанный в свое время Ч.Дарвиным (1896) вывод о том, что современное географическое распространение организмов зависит не только от современных факторов, но и от исторических причин. Это выдвигало изучение истории ареалов и формирования биологических свойств и требований растений в интродукции на первое место.

По Культясову возможность введения вида в культуру должна определяться на основе предварительного эколого-исторического анализа флор разных регионов и выяснения экологического спектра свойств видов. Таким методическим решением в определенной мере учитываются и вероятные адаптивные потенции видов, выработанные на разных исторических этапах их формирования.

В основу интродукции, по Культясову, должно быть положено представление о жизненных формах.

Согласно М.В.Культясову, жизненная форма — исторически сложившаяся структура растения, отражающая приспособление растения с экологической точки зрения и поэтому способная размножаться и существовать в данных условиях. Поэтому при подборе материала для интродукции нужно брать такие жизненные формы, которые наиболее точно отвечают условиям нового ареала.

В свете развития методов экстраполяционного прогнозирования важное значение приобретает разработанный В.П.Малеевым (1933) метод флорогенетического анализа, согласно которому выбор интродукционного материала рекомендовалось производить на основе изучения истории климата, флоры и видов, их слагающих (концепция палеоареалов).

Углубляя эти направления прогнозных решений, А.М.Кормилыцын (1959) предложил флорогенетический метод. В

его основу положены сформулированные А.Н.Красновым, В.Л.Комаровым и Г.Н.Высоцким положения о том, что географические взаимосвязи и экологические типы растений в ландшафте того или иного района, флористический состав и история его формирования складываются под воздействием комплекса важнейших условий среды обитания. Поэтому при подборе интродуцентов А.М.Кормилицын рекомендует наибольшее значение придавать анализу современных географо-флористических связей района интродукции с другими флорами земного шара, откуда предполагается получить исходный материал для введения в культуру.

При установлении флористических связей необходимо учитывать следующее:

1) флористические связи выражаются в том, что идентичные и близкие в ботанико-систематическом отношении виды могут располагаться в современный период в разных и удаленных друг от друга флорах или разных частях одной и той же флоры;

2) связи местной дендрофлоры надо выяснять как внутри той флористической области, в которой она находится, так и за ее пределами;

3) необходимо учитывать как основу флористических связей комплекс природных условий и их генезис как на родине переселяемого растения, так и в том районе, куда его переселяют.

В свете этого А.М.Кормилицын считает, что, применяя флористический метод в определении исходного материала для интродукции, уже созданные очаги интродукции имеют определенное значение для дальнейшего продвижения вида в новые районы культуры далеко за пределы его ареала.

Н.А.Аврорин (1956) констатирует, что прогнозирование возможности переноса растений из одной территории в другую должно основываться на интегральном, комплексном анализе широкого ряда из не менее 5 групп факторов. В их число входят группы эколого-географических факторов; факторов истории формирования вида и индивидуумов; морфологических и физиологических факторов, обеспечивающих адаптационные способности видов; факторов, отражающих состояние индивидуумов к моменту переноса, и,

наконец, агротехнических факторов. При этом, как отмечает Н.А.Аврорин, должны учитываться не отдельные факторы и их статика, а весь комплекс.

Так, по группе эколого-географических факторов нужно учитывать весь комплекс условий среды в его суточном, годовом и вековом ходе, по группе исторических факторов — какие растения более пригодны к освоению чужой среды, предки которых сами испытали неблагоприятные изменения среды.

В группе морфофизиологических факторов должны учитываться все те, которые определяют успех переселения в зависимости от наследственно закрепленного наличия структурных и функциональных средств для освоения новой среды (например, положение и защищенность зимующих органов, и т.д.), в группе исторических факторов — история вида, формы семьи и самого индивидуума, определяющие не только амплитуду приспособленности данного растения, но и его подготовленность к смене наследственных потребностей. Четвертая группа факторов — состояние данного индивидуума к моменту переноса: возраст, стадия, фаза развития, жизнённость и здоровье и, наконец, пятая — группа агротехнических факторов в широком смысле, т.е. совокупность воздействий со стороны человека.

С.Я.Соколов (1957) для прогнозирования наиболее высокой вероятности успешной интродукции видов предложил флорогеографический анализ и оценку жизненных форм арборифлоры в месте сбора материала и там, куда он будет интродуцироваться. При подборе интродуцентов и предварительной оценке успешности их введения в культуру С.Я.Соколов предлагает пользоваться коэффициентом общности таксонов и жизненных форм сравниваемых арборифлор. По его мнению, наиболее высока вероятность интродукции у тех видов, которые экологически ближе к эдификаторам современного растительного покрова.

С.Я.Соколов, развивая далее предложенный Н.В.Вавиловым метод экологических аналогов, считает необходимым учитывать не только экологическое разнообразие форм внутри вида, но и сам процесс и направление дрейфа экологической

структуры вида. Им обосновывается метод исторического исследования эволюции экологической структуры видов с последующим выбором для интродукции тех из них, природа которых наиболее полно отвечает условиям существования на месте, где предполагается ввести их в культуру. По мнению С.Я.Соколова, такой метод может дать гораздо большие результаты, чем метод сравнительного изучения истории климата, и является более перспективным.

В своей работе С.Я.Соколов (1957) сформулировал также метод экстраполяционного прогнозирования результатов интродукции на основе учета опыта акклиматизации за прошлое время. На целом ряде примеров он доказал, что анализ накопленных по каждому пункту эмпирических данных о результатах интродукции и видовом составе растений позволяет определять ботанико-географические районы, откуда нужно брать растения для переноса в данный пункт.

В 70-х годах В.Ф.Альтерготом (1965), В.Ф.Верзиловым (1971), И.Н.Коноваловым (1957, 1969), И.П.Петуховой (1981) развивается эколого-физиологический подход к экстраполяционному прогнозированию результатов интродукции. Этим подходом предусматривается сначала определять модель поведения интродуцентов в условиях определенной среды путем выявления активных периодов воздействия экологических факторов и физиологической реакции на них у организмов в том месте, где будет формироваться будущий интродуцент и откуда будут взяты растения. При этом эколого-физиологическими исследованиями предусматривается, с одной стороны, изучение условий произрастания: а) в месте естественного ареала выявляются экологические районы, наиболее перспективные для подбора материала для целей интродукции; выявляются и анализируются погодно-климатические факторы, формирующие растения с широким диапазоном адаптационных возможностей; б) в местах естественного ареала и интродукции выявляются критические для роста и развития периоды года: основные повреждающие факторы, ограничивающие рост и развитие растений; с другой стороны, изучение растительного организма: а) в месте естественного ареала выясняется формовое разнообразие растений,

выявляются их приспособления, определяющие их устойчивость к новому месту; б) в месте интродукции изучаются способы адаптаций растений к новым условиям местообитания; в) в местах интродукции и естественного ареала выявляется амплитуда пластичности растений, обусловленная формовым разнообразием и степенью приспособительной изменчивости, определяется характер повреждений растений, выявляются защитно-восстановительная система против летальных факторов, направление изменений физиологических процессов, определяющих процессы адаптации, типы устойчивости. Такие исследования и выбор модели интродуцента обеспечивают результативность прогнозирования (Петухова, 1981).

Заслуживает также внимания разработанный И.Я.Лиела, Х.А.Мауринь и Г.Е.Поспеловой (1971) экстраполяционный метод прогнозирования успешной интродукции, базирующийся на понятии о физиологическом нуле. Под последним понимается такое состояние растительного организма, при котором останавливается процесс развития. Каждому или одному виду растений на разных стадиях развития свойственно определенное значение физиологического нуля. Поэтому, зная уровень физиологического нуля и режим изменения метеорологических показателей данного района, можно решать вопрос о целесообразности разведения какого-либо вида растения в пределах указанной территории.

В.Б.Логгинов (1977, 1988) предлагает различать два основных метода построения экстраполяционных прогнозных моделей в интродукции: индуктивный и дедуктивный. В обоих случаях для пункта предполагаемой интродукции строится модель идеального интродуцируемого вида и затем ведется отбор фенотипов растений с наиболее близкими к моделям характеристиками. При дедуктивном методе параметры модели идеального интродуцента строятся на основе изучения той экологической ниши, куда будет вестись интродукция, а также характеристик аборигенной древесной породы (или их совокупности), занимающей эту нишу, а при индуктивном методе подбор модели идеального интродуцируемого вида выполняется иначе. Сначала определяется формализованный

образ (модель) интродуцента и выполняется его наведение на модели комплексных ниш, которые существуют в данном регионе. Путем их сопоставления подбирается тип лесокультурных площадей, обеспечивающих необходимые условия для хозяйственно целесообразного выращивания данного интродуцента. Затем исходя из экологических условий в выбранном типе лесокультурных площадей, а также учитывая характеристики аборигенных пород, строится модель идеального интродуцента, способного максимально оптимизировать экосистему. Далее на основе модели интродуцируемого вида отбираются фенотипы, наиболее близкие по характеристике моделям идеального интродуцента.

Б.К.Термена, И.В.Кибич, Л.Г.Станкевич (1987) предлагают строить математические модели адаптационных возможностей древесных растений, которые затем должны использоваться для объективного интродукционного прогнозирования. Такие модели предлагается строить путем нахождения регрессионной зависимости (множественной регрессии) между баллом оценки перспективности древесных растений и экологических характеристик района, где этот вид уже испытан. Основываясь на рассчитанных оценках адаптационных возможностей видов, рекомендуется экстраполировать новые регионы, пригодные для их интродукции.

В целом, как мы видим, общей тенденцией в совершенствовании методов экстраполяционного прогнозирования является интегрированный подход к обоснованию прогнозного решения.

Ярким доказательством справедливости такого суждения является недавно опубликованная работа И.О.Байтулина (1989).

Эколого-экстраполяционное прогнозирование результатов интродукции, по И.О.Байтулину, должно быть основано на глубоком изучении закономерностей естественного распространения, истории миграции и особенностей условий современного и бывшего места произрастания; истории развития (филогенетическое состояние); адаптивных анатомо-морфологических признаков и основных физиологических свойств; нормы реакции организма в изменяющихся условиях внешней

среды; внутривидовой систематики (полиморфизма); толерантности растений к действиям лимитирующих факторов новой среды; условий плацдарма интродукции и установления лимитирующих факторов; аллелопатической активности.

Кроме сказанного необходимо остановиться еще на одной общей особенности интродукционного прогнозирования.

Для любого из рассмотренных выше прогнозных подходов могут быть использованы два методических приема: первый, когда на основании комплекса исследований адаптационных потенций вида дается разрешение на его интродукцию в данном месте, и второй, когда также на основании исследований адаптационных потенций вида запрещается его интродукция в данном месте. Каждое из решений в методическом отношении не одно и то же. Разрешение на интродукцию дается тогда, когда имеющиеся знания о виде доказывают наличие у него свойств, благодаря которым он сможет адаптироваться в новом районе. Запрещение на интродукцию также дается на основании сведений о том, что в данных условиях вид не сможет адаптироваться. Однако наши знания об адаптационных способностях видов никогда не бывают исчерпывающими. Это имеет место из-за пока неполной изученности генофонда видов, а также непрерывности процесса развития генофонда и несовершенства методики исследования адаптации у растений. В итоге запретительные решения часто оказываются ошибочными. По этим причинам, как было показано нами, разрешительное (или положительное) прогнозирование в интродукции дает в 3,5 раза меньше ошибок, чем это случается при принятии решений о запрещении на интродукцию вида.

Таким образом, все разработанные к настоящему времени экстраполяционные методы интродукционного прогноза позволяют предвидеть — может или не может тот или иной вид быть интродуцирован в данном месте. При этом окончательный ответ дает лишь прямой опыт, на что потребуются многие годы испытаний и существенные затраты. Ни один из существующих экстраполяционных методов пока не позволяет перейти к прогнозированию таких параметров, как рентабельность интродукции вида в новых условиях, его

биологических качеств в месте интродукции, а также к прогнозу необходимых для культивирования агротехнических приемов и затрат на них. К тому же сама задача экстраполяционного прогноза очень сложная, многопрофильная и требует участия специалистов высшего уровня квалификации. По всем этим причинам, как представляется, должны разрабатываться и другие методы, позволяющие преодолевать отмеченные выше трудности.

3.2. Теоретические основы интерполяционного прогноза в интродукций растений

Если становление и совершенствование методов экстраполяционного прогнозирования результатов интродукции растений имеют более чем вековую историю, то этого нельзя сказать об интерполяционном прогнозировании. В направлении интерполяционного прогнозирования результатов интродукции растений пока лишь формируется концепция подхода к прогнозированию (Проскураков, 1985, 1989, 1991) и развивается опыт использования накопленной базы данных о растениях-интродуцентах для решения задачи в простейших вариантах ее постановки (Проскураков, Чекалин, Кабанов, 1987). Главной причиной, сдерживающей развитие интерполяционного подхода к прогнозированию, является отсутствие его теоретического анализа.

Объективная целесообразность и возможности использования интерполяционного подхода в прогнозировании результатов интродукции растений вытекают, на наш взгляд из всего огромного багажа фундаментальных знаний, накопленных ботаниками, по вопросам экологических закономерностей распределения растений, их продуктивности, химизма, приспособительных особенностей.

В.И.Вернадский (1925, 1927, 1960) пришел к выводу о том, что распределение растений по территории земной поверхности и масса их живого вещества зависят от условий существования и что на каждом конкретном участке земной поверхности растения стремятся достичь наибольшей продуктивности для данных условий существования. При этом первопричину устойчивости работы системы растение - среда

он однозначно видит в наличии определенной закономерности поступления солнечной энергии и распределении климата на земле.

В дальнейшем в отношении растений различного систематического положения эти взгляды нашли развитие и подтверждения в работах о закономерностях формирования продуктивности растений, выполненных К.А.Тимириазевым (1949), в учении о типах леса, распределении и взаимодействии лесных растений Г.Ф.Морозова (1926), в формировании геоботанических представлений о растительных сообществах, основы которых заложены Л.Г.Раменским (1938) и учеными его школы, в учении о биогеоценозах и их продуктивности В.Н.Сукачева (1964, 1972) и др. Работка данной проблемы давно привлекала и интродукторов. Так, М.В.Культиасов (1963) в своей работе, посвященной теории приспособления растений, показал, что в первую очередь температура и осадки в их зональном выражении имеют наибольшее влияние на растительный покров, определяя различные условия для роста и развития растений, их продуктивности. На этом основании, как заключает М.В.Культиасов (1963:8), сопоставляя данные о продуктивности с климатическими условиями, можно сделать вывод о наиболее благоприятных условиях для продуцирования растениями органического вещества. Так, для арктической тундры валовый запас надземной растительной массы равен 12 ц/га, а годичный прирост - 7 ц/га. Климатические условия характеризуются здесь годовым количеством осадков 151 мм и среднегодовой температурой - 15,7°. В зоне широколиственных лесов, как отмечает Культиасов, по данным Е.М.Лавренко, В.Н.Андреева и В.Л.Леонтьева (1955) валовый запас надземной растительной массы равен 1600 ц/га, а годовой прирост - 56 ц/га. Такая продуктивность формируется уже при 526 мм осадков в год и среднегодовой температуре 4°,9С.

Валовый запас и годичный прирост надземной массы для типичной дерновинно-злаковой степи равны 10 ц/га. Здесь климат более засушлив (465 мм/год), а температура выше (7°,7С). Сравнивая эти данные, М.В.Культиасов

вслед за другими исследователями также констатирует определенную закономерность в соответствии продуктивности растений с показателями климатических условий зон. Сходные закономерности он отмечает и для горных районов.

Так, для растительности эфемерной пустыни на подгорной равнине к северо-западу от Ташкента валовый запас надземной массы растительности равен 10 ц/га сухой массы.

Выше этого пояса (от 400 до 1200-1800 м над ур.м.) в поясе разнотравной сухой степи вес растительной массы равен 43 ц/га. Далее в поясе древесно-кустарниковой растительности ее вес доходит до 403 ц/га. Такая трансформация продуктивности растений имеет место именно за счет изменения в первую очередь климатического режима местности.

Наличие закономерностей в изменчивости продуктивности в зависимости от климатических условий местности нашло подтверждение для всего земного шара в огромном количестве работ отечественных и зарубежных исследователей, особенно в период выполнения международных программ ЮНЕСКО по изучению биологической продуктивности растительных сообществ (Общие теоретические проблемы биологической продуктивности, 1969; Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах, 1971 и др.), а также в программе "Человек и биосфера".

Наряду с продуктивностью растений и закономерностями их распределения средой обитания определяется химизм у растений.

Ч.Дарвин (1896, 1937) проиллюстрировал многие факты биохимической изменчивости у растений в зависимости от условий среды их обитания. Так, болиголов, выращенный в Шотландии, терял свою ядовитость, лавр в Европе терял запах, а фисташка на юге Франции не синтезировала мастики. Это явление нашло свое отражение в трудах Л.С.Иванова (1924), в которых разработана теория о климатической изменчивости химизма у растений.

В.П.Малеев (1933:125) констатирует, что изменения внешних, главным образом климатических условий, вызывают у растений целый ряд биохимических модификаций не только количественных, но и качественных. Такая изменчивость наблюдается, например, в отношении содержания эфирных масел. В жарком и сухом климате количество эфирных масел в растениях становится больше, кроме того, и состав их может изменяться. Так, во влажном климате Англии лаванда образует масло с содержанием уксусного эфира Линалоля в количестве 5-10%, тогда как в сухих районах Франции - 25-30%, а иногда до 50%.

Позднее Н.М.Сисакян (1940) установил, что не только климатом, но и водоснабжением при выращивании в значительной мере определяется биохимическая деятельность организмов. При недостатке воды изменяется обмен углеводов соединений в ассимилирующих органах, происходит расщепление крахмала, возрастает гидролитическая деятельность инвертазы, нарушается белковый обмен.

Сказанное выше находит подтверждение и в исследованиях И.Н.Коновалова (1957), который, анализируя экспериментальные данные, приходит к заключению о том, что при акклиматизации растений при изменении географических условий в первую очередь меняются физиологические и биохимические особенности растений. На изменение внешних условий растения отвечают, прежде всего, изменением своих функций.

Рассматривая особенности биохимической изменчивости растений, Б.А.Рубин (1957) экспериментально показал, что при продвижении культуры масличных растений с севера на юг наблюдается неуклонное снижение содержания масла и непредельных жирных кислот. Параллельно этому возрастает абсолютное и относительное содержание насыщенных жирных кислот.

Б.А.Рубин приводит примеры таких изменений у льна, ясеня, роз и других растений. Так, у льна с изменением географической широты местности закономерно меняется содержание олеиновой и линоленовой кислот. Вследствие высокого содержания эфирного масла ясенец, растущий в Средней Азии, причиняет сильные ожоги, столь же опасные и трудно заживающие, как и ожоги от иприта, тогда как в Московской области он совершенно безобидное растение. Хинное дерево, выращенное за пределами своего обычного комплекса условий обитания, теряет способность синтезировать хинин. В зависимости от разнообразия среды обитания у казанлыкской розы наблюдаются колебания процессов синтеза розового масла и его качества.

Как затем было показано В.Л.Кретовичем (1961) в своей работе, сдвиги в обмене веществ у растений под влиянием

условий существования происходят именно из-за соответствующих им изменений в ферментативных системах растений.

В связи с рассматриваемой проблемой остановимся на вопросах экологической изменчивости морфологических признаков у растений.

Многочисленные факты иллюстрируются в данном аспекте экспериментами по интродукции растений. Так, М.В.Культиасов (1938, 1963) сравнивает растения тау-сагыза в природных условиях в горах Каратау. Растения тау-сагыза, за которыми уход не проводился, к 3-летнему возрасту имели одну-две розетки листьев, а при наличии ухода (рыхление почвы, прополка) в том же возрасте имели до 16 розеток. Этот опыт показывает, что при улучшении условий для роста и развития (свет, влага, температура и др.) значительно изменяются не только продуктивность, но и морфологическое строение у растений.

По мнению И.Н.Коновалова (1957), все материалы по акклиматизации растений свидетельствуют о том, что при изменении географических условий меняется их морфолого-анатомическая структура, происходят перемены в форме и структурных особенностях пластид, нарушается порядок чередования и размеров листьев, меняются размеры и характер жилкований и опушения покровных тканей листа и т.д.

Н.А.Аврорин (1957), подводя итоги переноса растений в Полярно-Альпийский ботанический сад, указывает, что изменения растений ритма развития при переселении иногда заходят так далеко, что меняется биологический тип растения. Для полярного севера характерно повышение долготлетия многолетников, например, аквилегия железковая, фиалка алтайская, мак полостебельный и другие растения Алтая полноценно живут в Кировске более чем по 15 лет.

У злака из холодной высокогорной пустыни Восточного Памира - волоснеца поникшего в Полярно-альпийском ботаническом саду изменилась не только форма соцветия, но и величина колосковых и цветочных чешуй. У анемона коло-систой с Алтая диаметр цветка увеличился в полтора раза. Также примерно в полтора раза увеличились в поперечнике

цветки у купавы азиатской с Алтая, лютика кавказского из Бакуриани, герани луговой из Восточных Саян.

Подобные изменения произошли у представителей весьма различных семейств — от злаков до сложноцветных.

Огромный материал по морфологической изменчивости под действием экофакторов у древесных растений накоплен геоботаниками и лесоводами (Карпов, 1969). Их работами раскрывается влияние среды обитания деревьев на габитус кроны, облиственность, размеры листьев, развитость корневой системы и др. Специальным исследованиям, иллюстрирующим роль и многообразие экологической изменчивости морфологии растений, посвящены работы С.А.Мамаева и его школы (Мамаев, 1968, 1969, 1971, 1972). Кроме того, среда существенно влияет и на фенологику растительных организмов. Например, даже такие растения с опадающей листвой, как персик, айва, яблоня, дуб черешчатый, шелковица и другие, могут возвращаться к вечнозелености, если их перенести в условия тропического леса (Культиасов, 1963). Под действием экофакторов наблюдаются сокращение, удлинение и даже выпадение фаз роста и развития (Зайцев, 1981).

Действием среды обитания могут определяться режим протекания фазы активного роста растений, а также ее прерывание в середине периода вегетации (Бесплаев, Проскуряков, 1981).

Важно отметить, что и изменения свойств растений под действием среды носят комплексный характер. Это наглядно иллюстрируется наблюдениями Ф.Н.Русанова (1957), который констатирует, что при переносе растений в новые для них условия Средней Азии реакция интродуцентов оказывается самой различной. Она выражается в габитуальных изменениях, изменениях морфологии органов, сдвигах роста и развития, а также в усилении плодоношения, быстром старении и т.д. Все это по наблюдениям Ф.Н.Русанова зависит от большей или меньшей выраженности континентальности климата той или иной части Средней Азии. Всюду в Средней Азии многие породы рано приходят к плодоношению. Дуб и клен плодоносят с 8-го года жизни. В питомниках

ботанического сада Ташкента 6 видов берез начали плодоносить на 3-м году жизни. В Туркмении, в Бухарском оазисе и ряде других мест с особенно резким проявлением континентальности климата большинство древесных пород стало низкоствольными, сильно, но мелковетвящимися, приобретающими зонтиковидные или пиниевидные кроны. Листья деревьев здесь приобретают кожистый, почти суккулентный вид. Лесная сосна становится здесь мелкоиглой. У айланта часто бывает больше плодов, чем листьев; клены, ясени, дубы, белая акация, гледичия, канадский багряник плодоносят чрезвычайно обильно.

С.Я.Соколов (1957), обобщая состояние теории и интродукции растений, приходит к выводу о том, что растения при интродукции так или иначе, но всегда перерабатывают свою экологическую структуру и что невозможность учета данного обстоятельства значительно снижает достоинства разработанных экстраполяционных методов прогнозирования.

Интерполяционный же подход позволяет избежать этой трудности в прогнозировании и учитывать дрейф экологической структуры видов при их интродукции, так как он основывается на данных прямых опытов.

С точки зрения интерполяционного прогнозирования важно еще и то обстоятельство, что изменения растений под действием среды обитания носят закономерный, а не хаотичный характер и поэтому их можно исследовать аналитически. Как показал Б.Н.Головнин (1988), в результате переноса растений на новые территории создаваемый культивируемый ареал растений, интродуцированных человеком, оказывается разным на всем своем протяжении, что связано с неоднородностью новой среды обитания. В нем можно выделить области, в которых прослеживаются все градации жизнеспособности вида. Так, в эколого-морфологическом аспекте имеет место выделение области ареала, где культура возможна лишь с изменением жизненной формы таксона: превращением дерева в стланник, кустарник, пневую бесштамбовую поросль и т.д. Возможно фенологическое подразделение ареала на области, где растения могут проходить сезонный цикл полностью или частично, с разной степенью периодичности в

зависимости от метеорологических условий разных лет ("уверенная" и "неуверенная" культуры).

Все вышесказанное дает нам теоретическую и фактическую основу для широкого применения в интродукции методов интерполяционного прогнозирования результатов переселения растений. Теоретической основой для интерполяционного подхода является объективно зафиксированное биологической наукой наличие закономерной изменчивости продуктивности, размещения, морфологии, химизма и приспособительных особенностей растений в зависимости от среды их обитания, а фактической — все накопленные данные по экологической изменчивости свойств у растений.

Принципиальное отличие интерполяционного подхода состоит в том, что прогноз результатов интродукции будет осуществляться для экологических ситуаций, промежуточных между теми, которые уже были охвачены ранее созданными центрами интродукции. Применение интерполяционного прогноза сулит нам и ряд преимуществ, которыми не обладают методы экстраполяционного подхода.

Так, при интерполяционном прогнозе имеется реальная возможность автоматически учесть действие комплекса факторов среды обитания и эффект их взаимодействия. Это будет иметь место потому, что базовые центры испытания растений, на основе данных которых ведется интерполяционный прогноз, будут ординированы с учетом географической зональности и комплексного изменения взаимосвязанных компонентов географической среды. Исключительную важность данного обстоятельства подчеркивал еще на заре становления науки интродукции растений В.П.Малеев (1933: 97). Он отмечал, что разложение воздействующей на растение внешней среды на отдельные факторы в значительной степени искусственно, так как всегда в условиях естественного местообитания или в культуре растение находится под влиянием экологических факторов. При этом влияние каждого отдельного фактора различно в зависимости от интенсивности всех других.

Как показывают многочисленные методические рекомендации и опыт применения экстраполяционных методов про-

гнозирования, при экстраполяционном подходе не удается учитывать влияние всего комплекса воздействующих на растение факторов. Следовательно, именно за счет отмеченных отличительных особенностей применяемых подходов можно ожидать существенного повышения точности интерполяционного прогнозирования.

Далее, интерполяционное прогнозирование в отличие от экстраполяционного базируется на материалах уже выполненных прямых интродукционных испытаний. Поэтому для промежуточных ситуаций интерполяционный подход позволит с очень высокой точностью прогнозировать не только возможность интродукции данного вида, но и жизненное состояние растений, их биологические качества (декоративность, продуктивность, содержание различных веществ и др.), агротехнические приемы и затраты на культивирование. Себестоимость прогнозных рекомендаций по зеленому строительству будет невысокой, появится возможность быстро разрабатывать прогнозные рекомендации для крупных территорий, что очень важно в интенсивно развивающихся географических районах, и, наконец, выполнение прогноза будет доступно широкому кругу специалистов, на подготовку которых уйдет меньше затрат, чем на специалистов экстраполяционного прогнозирования.

Кроме того, при интерполяционном прогнозировании поведения растений данного вида эмпирически учитывается степень преобразования его природы, вызванная длительной адаптацией в базовых пунктах интродукции. Отсюда можно предвидеть не только вероятность и характер поведения растений в новых условиях существования, но и решить, где, из каких пунктов и куда надо брать растения с необходимыми свойствами, т.е. появляется возможность лучше ориентироваться в стратегии и тактике переноса растений с учетом направления хода их эволюции. Это очень существенно, так как повышает результативность интродукции, особенно, если она связана с необходимостью предварительной ступенчатой акклиматизации видов.

Далее, в отличие от экстраполяционного метода интерполяционный осуществляется на базе экспериментальных

экологических данных о поведении растений, т.е. путем прямых полевых опытов с растениями, что также позволяет рассчитывать на существенное повышение точности прогнозирования.

К преимуществам следует отнести и то, что интерполяционный подход позволяет весьма широко использовать весь имеющийся аппарат вариационной статистики, теории информации и логического анализа. Благодаря этому не только существенно улучшится результативность прогноза, но и окажется возможным рассчитать его надежность и диапазон ошибок.

Достигнутые в процессе решения задач интерполяционного прогнозирования знания о продуктивности, химизме, приспособительных особенностях у растений могут быть использованы не только для принятия решения о целесообразности их культивирования в каком-либо пункте, но и позволяют определять стратегию возделывания растений и профилирование растениеводства, увязанные с экологическими задачами и возможностями регионов, а также требованиями самокупаемости народного хозяйства.

Возникает вопрос, почему при всех очевидных достоинствах интерполяционный подход к прогнозированию не нашел пока интенсивного развития в интродукции. Ответ на данный вопрос мы находим у А.В.Гурского (1957). В своей работе он приходит к заключению о том, что вопрос об интерполяционном прогнозировании результатов интродукции не ставился по причине слабой развитости сети центра интродукции.

Принимая в целом точку зрения А.В.Гурского, мы также считаем, что важнейшими предпосылками для реализации интерполяционного прогноза в интродукции являются наличие развитой сети центров интродукции растений, накопленные в них многолетние эмпирические данные по испытанию видов, многолетние сведения об экологическом режиме среды обитания как в имеющихся стационарных центрах интродукции, так и промежуточных пунктах. Но наряду с этим необходимо, чтобы базовые центры интродукции, по данным которых будет вестись прогноз, были организованы как эко-

номичная система, которая работала бы по единой методике интродукционных испытаний, где каждый центр интродукции обслуживал бы смежный экологический диапазон среды обитания, а не дублировал другие. Для оперативности работы такой системы и осуществления накопления базы данных наряду с разработкой унифицированных методов испытания растений необходимы создание и задействование специальной программы ЭВМ.

Как представляется, в направлении развития интерполяционного подхода к прогнозированию может быть разработана целая плеяда методик прогноза, подобно тому, как это произошло в направлении экстраполяционного подхода.

В связи с вышеизложенным следует рассмотреть ту систему правил и последовательность формирования нашего прогнозного заключения, которая соотносится со свойствами растений и законами их жизни. Данный круг вопросов важен в первую очередь для методологического решения проблемы интерполяционного прогнозирования.

Очевидно, что в процедуре решения задачи интерполяционного прогноза сама зависимость растений от среды обитания обязывает на первое место выдвинуть задачу изучения среды. Второй задачей, естественно, должны быть изучение и прогноз жизнеспособности растений, что позволит сформировать заключение о возможности их культивирования; третьей – изучение и прогноз полезных качеств у растений; четвертой – изучение и прогноз агротехнических приемов выращивания растений и пятой – изучение и прогноз экономической эффективности выращивания растений.

В содержательном аспекте основные особенности изучения перечисленных групп вопросов интерполяционного прогноза показаны ниже.

1. Изучение среды: а) изучение экологического режима территории; б) климатическое и почвенное районирование территории; в) выявление и анализ изменчивости основных повреждающих факторов, ограничивающих рост и развитие растений и критических периодов года; г) определение экологических рядов базовых стационарных центров интродукции как основы сбора исходных данных для прогнозирования;

д) определение экологических координат, промежуточных между базовыми пунктами, для которых будет осуществляться интерполяционное прогнозирование.

2. Интерполяционный прогноз жизнеспособности растений в культуре: а) изучение закономерностей действия стресс-факторов на показатели жизнеспособности растений в диапазоне среды базового экоряда центров интродукции; б) выявление диапазона условий обитания, где растения имеют оптимальные параметры жизнеспособности; в) определение экологических и географических координат пунктов и формирование положительного прогнозного заключения о целесообразности интродукции в них видов растений.

3. Интерполяционный прогноз полезных качеств растений: а) изучение закономерностей изменения полезных качеств растений в диапазоне среды базового экоряда центров интродукции; б) выявление диапазона условий обитания, где растения данного вида имеют наилучшие оценки полезных качеств; в) определение экологических и географических координат пунктов, куда может осуществляться интерполяционный прогноз результатов интродукции с оптимальным соотношением полезных качеств у растений.

4. Интерполяционный прогноз агротехники выращивания растений: а) изучение режима агротехнических приемов ухода за растениями в диапазоне среды базового экоряда центров интродукции; б) определение оптимального сочетания агротехнических приемов для прогнозируемого района культивирования.

5. Прогноз экономической эффективности выращивания: а) анализ экономической эффективности выращивания растений по базовым пунктам экологического ряда центров интродукции; б) формирование прогнозного заключения об экономической эффективности выращивания растений в новых пунктах культивирования.

Интерпретируя представленные схемы, необходимо отметить, что показанная ими последовательность работ (изменение среды - прогноз жизнеспособности - прогноз полезных качеств) должна быть обязательно соблюдена для каждого данного вида растений и региона, а следующими за ними

идут работы по прогнозу агротехнических приемов и прогнозу экономической эффективности выращивания растений.

Во втором подразделе работ под показателями жизнеспособности целесообразно понимать такие, как наличие или отсутствие каких-либо повреждений у растений, степень развития приспособительных особенностей, полнота протекания фанологических фаз и т.д., вплоть до показателей изменения химизма у растений.

В третьем подразделе под показателями полезных качеств можно понимать декоративность, содержание полезных веществ, продуктивность биомассы, эдифицирующую способность, урожайность плодов, качество семян, плодов и т.п.

Точно так же может быть детализировано и содержание других подразделов прогнозирования — агротехнического и экономического. При этом каждый из прогнозируемых параметров должен изучаться отдельно, так как зависимость состояния параметров и действующие на них факторы, а следовательно, и результаты прогнозирования будут различаться.

Следует отметить, что необходимость активной методической разработки и широкого применения методов интерполяционного прогнозирования объективно назрела. Очень большим преимуществом в постановке данной проблемы обладает сеть ботанических садов АН Республики Казахстан, которая является представительной для крупного экологического полигона по испытанию растений.

В стратегическом аспекте оба рассмотренных подхода к прогнозированию (экстраполяционный и интерполяционный) занимают важное место в решении задач интродукции растений. Экстраполяционный подход важен для продвижения форпостов интродукции в новые для растительных видов географические зоны земного шара и расширения культурного ареала видов, а интерполяционный позволяет эффективно использовать сеть созданных предыдущим подходом форпостов интродукции для скорейшего и экономичного освоения промежуточных территорий.

В настоящее время из-за незавершенности интродукционных испытаний широкого набора видов во всех ключевых позициях среды обитания методы экстраполяционного направления имеют более широкое распространение. Однако можно предвидеть, что по мере решения этой задачи, наращивания опыта интродукции в ключевых центрах и именно на его базе шире будут применяться и интерполяционные методы как более точные, экономичные, доступные для большого круга специалистов необязательно высокой квалификации.

Выполненный теоретический анализ научной основы интерполяционного подхода к прогнозированию результатов интродукции растений позволяет констатировать, что главными составляющими такого прогнозирования являются использование материалов опыта прямых интродукционных испытаний, выполненных для экологических координат, внутри которых делается прогноз; объективное наличие закономерной изменчивости продуктивности, размещения, морфологических параметров, химизма и приспособительных особенностей у растений в зависимости от среды их обитания, а также накопленные фактические данные о закономерностях экологической изменчивости свойств у растений.

В силу специфики данной научной основы при интерполяционном прогнозировании в отличие от экстраполяционного обеспечиваются более высокая точность прогноза, реальная возможность прогноза жизнеспособности растений на новом месте (наличие или отсутствие повреждений, приспособительные особенности, полнота протекания фенофаз, изменения химизма и пр.), их полезных качеств (декоративность, содержание нужных веществ, продуктивность биомассы, эдифицирующая способность, урожайность биомассы и плодов, качество семян, плодов и т.д.), а также агротехнических и экономических режимов содержания растений при культивировании.

Г л а в а 4

ИНТРОДУКЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Идея взаимодействия растений со средой обитания как основа интродукционной научной и практической деятельности прошла долгий путь становления и развития. Ее отправной точкой можно считать представления А.Гумбольдта (Humboldt, 1807) о зависимости расселения растений от климатических характеристик территорий. Важным шагом в развитии этой идеи было признание равнозначности в интродукционной работе не только разнообразия экологических факторов, но и реакций на них растений в пределах той или иной формы таксономической общности (вид, популяция и т.д.). Сформулированные Н.И.Вавиловым представления о гетерогенности вида (Вавилов, 1931) и методе экологических аналогов в интродукции (Вавилов, 1987) обозначали неразрывность интродукции, генетики и экологии растений. И теперь, каким бы методическим арсеналом ни пользовался интродуктор, он всегда сталкивается с зависимостью успеха интродукции от экологических характеристик осваиваемого региона и от экологической пластичности интродуцируемого вида (Байтулиц, 1989).

Следует отметить, что термин "экологическая пластичность" пока не является общепризнанным. Он отсутствует в Биологическом энциклопедическом словаре (1986). Здесь понятие экологической пластичности описывается термином "экологическая валентность".

Можно было бы отметить содержательное равенство данных терминов и ограничиться этим. Однако, на наш взгляд, не случайно в последних теоретических обобщениях по интродукции растений предпочтение отдается термину "экологическая пластичность" (Таргон, 1980; Головкин, 1988; Байтулин, 1989).

Известно, что термин, как правило, выполняет две функции: служит названием (номинативная функция) и отражает содержание понятия (Пакулова, 1990).

Понятие валентности, привнесенное в биологию из химии, предполагает дискретность соответствий и их изменений. Такие свойства экологической валентности удовлетворяют геоботаническим и биоэкологическим исследованиям. В самом деле, в них дискретность объектов исследований (ассоциация, биоценоз) и однозначность ответа о соответствии организма этим объектам (наличие или отсутствие вида) создают привлекательность валентного "химического" описания экологической специализации организмов. Именно с такой позиции можно понять определение "валентность экологическая — характеристика способности вида живого существовать в разнообразных условиях среды" (Реймерс, Яблоков, 1982). Однако понятие экологической валентности вышло за пределы рамок дискретности соответствия вида определенным ценозическим условиям и трактуется как степень приспособляемости вида к изменениям условий среды (Биологический энциклопедический словарь, 1986), а также диапазон адаптированности (толерантности, приспособленности) вида к тем или иным условиям среды (Быков, 1983). При этом отмечается, что количественно экологическая валентность характеризуется диапазоном состояний среды обитания, в пределах которого данный вид сохраняет способность жизнедеятельности. Экологическая валентность рассматривается как в отношении реакции вида на отдельный фактор среды, так и на комплекс факторов (Биологический энциклопедический словарь, 1986).

Переход от конкретного места обитания к диапазону экологического фактора приводит к утрате экологической валентностью преимуществ и свойств валентности как та-

ковой. Каждый вид характеризуется своим диапазоном экологических факторов, в котором возможна его жизнедеятельность, и, следовательно, способность приспособления не может быть описана для разных видов в одних целых единицах экологической валентности. Валентность же не предполагает дробности и разнокачественности измерения.

Более того, даже в пределах одного вида мы не обнаружим ни идентичных, ни дискретных параметров устойчивости. Опыты по изучению полевой всхожести семян злаков на почвах отвалов медных рудников показали, что полевая всхожесть толерантной популяции превысила 90%, а у неустойчивой составила менее 1% (Кемп, Армс, 1988). Аналогичные примеры можно привести и по действию на растения других экологических факторов и их комплексов. При анализировании зимостойкости сеянцев бересклета европейского из семян интродукционной популяции этого вида ГБС АН Республики Казахстан (табл. 4.1) оказалось, что в идентичных условиях произрастания как маточных растений, так и сеянцев зимостойкость последних сильно варьирует. Основной причиной этого является высота маточных растений (табл. 4.2). Однако варьирование зимостойкости наблюдалось и у растений, полученных из семян от маточных растений одной высоты, а также из семян, собранных с одного дерева. Экологические потенциалы биологического объекта стохастичны даже при константных условиях.

Проведенное обсуждение термина "экологическая валентность" показывает его ограниченность, неточность для описания диапазонов приспособленности организмов. Этот термин правомерен только как частный в геоботанических и аналогичных исследованиях, где допустимы абстракции дискретности свойств местообитания и состояния организмов. Более широкое толкование экологической валентности ведет к логическому противопоставлению понятия своему содержанию.

Понятие "пластичность" не содержит в себе логических ограничений, отмеченных для термина "валентность", и потому более предпочтительно.

Таблица 4.1. Распределение семян бересклета европейского по баллам зимостойкости в зависимости от высоты маточных растений

Высота маточных растений, м	Распределение семян по баллам зимостойкости, %				
	Зима 1986-1987 гг.		Зима 1987-1988 гг.		
	1	2	1	2	3
2	93±4,2	7±4,2	88±6,7	7±2,9	5±4,0
3	90±5,4	10±5,4	93±2,5	4±2,5	3±1,6
4	83±8,6	17±8,6	73±20,0	13±7,9	14±14,0
5	55±5,6	45±5,6	44±2,8	30±4,7	26±4,2

Экологическая пластичность – способность биологического объекта адаптироваться, сохраняя те или иные свойства, в определенном диапазоне экологических факторов. Мерой экологической пластичности является диапазон интенсивности одного или многих экологических факторов, в котором сохраняются определенные качественные и количественные характеристики анализируемого свойства биологического объекта.

Приведенное определение показывает, что экологическая пластичность – свойство не только видовое, но и над(и)подвидовое. Определенной экологической пластичностью может быть охарактеризован тот или иной популяционный, а также популяция, отдельно взятая особь. На разных уровнях организации живой материи действуют специфичные механизмы обеспечения экологической пластичности. Однако, каким бы не был такой механизм, он обуславливает формирование определенного диапазона приспособленности объекта к среде обитания.

Другим важным свойством экологической пластичности является то, что ее мерой не может быть одно какое бы то ни было важное или широкое свойство живого, включая жизнеспособность, так как пластичность различных функций биологического объекта различна. Это со всей очевидностью

Таблица 4.2. Фактические и стандартные значения критериев достоверности отличий встречаемости баллов зимостойкости у семян бесклетка европейского, полученных от материнских растений разной высоты

Балл зимостойкости, зон перемещения	Высота маточных растений, м	Высота маточных растений, м							
		3		4		5		стандартный	стандартный
		фактический	стандартный	фактический	стандартный	фактический	стандартный		
1	2	3	4	5	6	7	8		
1, 1986-	2	0,11	2,45	1,15	2,57	5,43	2,45		
1987	3			0,73	2,57	4,48	2,45		
	4					2,87	2,57		
2, 1986-	2		2,45	1,15	2,57	5,43	2,45		
1987	3	0,11		0,73	2,57	4,48	2,45		
	4					2,87	2,57		
1, 1987-	2	0,68	2,45	0,82	2,57	6,07	2,45		
1988	3			1,19	2,57	11,83	2,45		
	4					1,73	2,57		

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
2, 1987-	2	0,77	2,45	0,81	2,57	4,18	2,45
1988	3			1,80	2,57	4,91	2,45
	4					1,98	2,57
3, 1987-	2	0,46	2,45	0,77	2,57	3,62	2,45
1988	3			0,93	2,57	5,17	2,45
	4					0,95	2,57

Примечание. Сплошной линией подчеркнуты варианты с достоверностью отличий 95% и более.

раскрывается при культивировании растений и точно подмечено Ю.Росом (Roth, 1975). Он охарактеризовал 5 основных вариантов реакции растений в условиях культивирования: 1) высота, рост растений, их цветение и плодоношение нормальные; 2) рост растений нормальный, высота меньше нормы, в годы с экстремальными метеорологическими условиями возможны повреждения, отчего плодоношение нерегулярное; 3) культура возможна только в защищенных местах и при этом плодоношение нерегулярное; 4) культура возможна только с применением специальных защитных мер, но и их использование не обеспечивает развитие генеративных процессов; 5) культура в открытом грунте невозможна, необходимо искусственное создание условий среды, приемлемых для объекта.

Если рассматривать эти варианты с позиции жизнеспособности растения, то 1-4 из них формально равнозначны. В каждом из них растение способно произрастать в открытом грунте, однако содержание жизнеспособности в каждом из этих вариантов различно. Поэтому в контексте экологической пластичности информативность и приоритет жизнеспособности объекта не выше, чем характеристик основных биологических функций объекта (рост, размножение и т.д.). Каждая функция биологического объекта, его свойства характеризуются определенной экологической пластичностью и от задачи исследований зависит, по какому из этих свойств оценивать экологическую пластичность объекта в целом.

Понятие "экологическая пластичность" тесно связано с понятием "устойчивость", но не равнозначно последнему, как считает Н.Ф.Реймерс (1988). Измеряясь диапазоном значений экологического фактора, экологическая пластичность ограничивается порогами устойчивости по этому фактору. Однако экологическая пластичность по своему содержанию шире понятия устойчивости. Предполагая многофакторную зависимость свойства биологического объекта от параметров внешней среды, экологическая пластичность преодолевает содержательную узость устойчивости.

Прогнозирование жизнеспособности растений в новых условиях произрастания является содержанием интродукции

как самостоятельного научного направления. Возможность и надежность такого прогнозирования определяются знаниями экологической пластичности растений, которые накапливаются исследованиями жизнедеятельности растений в естественном и культигенном ареалах. Разнообразие экологических условий интродукционных стационаров АН РК и накопленное в них таксономическое разнообразие растений позволяют рассматривать сеть ботанических садов республики как базу исследования закономерностей экологической пластичности растений.

Прежде чем перейти к обобщению результатов интродукции, необходимо принять решение по важному методологическому вопросу, каким является соотношение информативности, эвристичности положительного и отрицательного результатов интродукционного испытания. Возможны три формулы его решения: 1) положительные и отрицательные результаты равноценны по своей эвристичности; 2) эвристическим приоритетом характеризуется отрицательный результат; 3) эвристическим приоритетом характеризуется положительный результат.

В подавляющем большинстве работ по интродукции признается первая формула. Успех или неудача интродукции трактуется равнозначно, а выводы о перспективности или неперспективности растения для данного региона считаются равно обоснованными. Ниже мы покажем, что верна не первая, а третья формула. Эвристическим приоритетом в интродукции наделен лишь положительный результат. Пока же мы примем эту формулу априорно для обсуждения результатов интродукции растений в Казахстане в связи с их экологической пластичностью.

За более чем полувековую историю ботанических садов Казахстана интродукторами испытано свыше 30 тыс. образцов деревьев и кустарников из различных географических областей. На сегодняшний день в их коллекциях произрастает около полутора тысяч видов, форм и сортов древесных растений, однако из-за различной экологической пластичности далеко не все из них интродуцированы во всех ботанических садах АН Республики Казахстан. Само наличие вида

в коллекциях всех ботанических садов Казахстана является характеристикой его высокой экологической пластичности (Проскуряков, Чекалин, Кабанов, 1987).

С этих позиций был проанализирован и сопоставлен видовой состав древесных растений в коллекциях всех ботанических садов Казахстана. Установлено, что из всех испытывавшихся и интродуцированных в республике растений только 27 видов деревьев и кустарников оказались способными адаптироваться во всех ботанических садах Казахстана. Среди них 4 вида голосеменных (*Juniperus communis* L., *Juniperus sabina* L., *Pinus silvestris* L., *Thuja occidentalis* L.) и 23 вида покрытосеменных растений (*Acer negundo* L., *Acer semënovii* Regel et Herd., *Acer tataricum* L., *Amorpha fruticosa* L., *Amygdalus nana* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cercasus tomentosa* (Thunb.) Wall., *Crataegus altaica* Lange., *Berberis vulgaris* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Ligustrum vulgare* L., *Lonicera tatarica* L., *Paulus virginiana* (L.) Mill., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Quercus robur* L., *Rhamnus cathartica* L., *Ribes aureum* Pursh, *Syringa josicæa* Jacq. fill., *Syringa vulgaris* L., *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus pumila* L., *Vitis riparia* Michx.).

Выявление этих видов поставило вопрос об их экологической общности, обуславливающей широкую экологическую пластичность. Экологические классификации древесных растений до настоящего времени малочисленны или фрагментарны. Наиболее полной сводкой, в которой отражена экологическая специализация растений, является работа А.Редера (Rehder, 1949).

В соответствии с экологической типизацией территории А.Редера все ботанические сады АН Республики Казахстан относятся к III зоне, кроме Мангышлакского экспериментального ботсада, который относится к IV зоне.

Логично было бы предположить, что, поскольку в основном все пункты интродукции АН Республики Казахстан по

классификации А.Редера относятся к Ш зоне, виды, произрастающие во всех ботанических садах, будут принадлежать к этой экологической градации. Однако наблюдается совершенно иная картина (табл. 4.3). Только 20% этих видов

Таблица 4.3. Экологическая принадлежность по Редеру (Rehder, 1949) видов, интродуцированных в широком спектре экологических условий

Пункты интродукции	Зоны по А.Редеру (Rehder, 1949)			Всего
	П	Ш	1У	
Все стационары АН Республики Казахстан	11 (40%)	5 (20%)	11 (40%)	27 (100%)
Все стационары АН Республики Казахстан, кроме Мангышлакского экспериментального ботанического сада	14 (36%)	11 (28%)	14 (36%)	39 (100%)

отнесено А.Редером к Ш зоне. Чтобы объяснить это противоречие, было предположено, что виды Ш зоны "выбраковываются" в Мангышлакском экспериментальном ботаническом саду, экологические условия которого соответствуют 1У зоне А.Редера. Было выявлено 12 видов, интродуцированных во всех ботанических садах АН Республики Казахстан, кроме Мангышлакского экспериментального ботанического сада (*Berberis amurensis* Rupr., *Betula pendula* Roth., *Euonymus europae* L., *Euonymus maackii* Rupr., *Fraxinus americana* L., *Fraxinus pennsylvanica* March., *Phellodendron amurensis* Rupr., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Populus balsamifera* L., *Tilia cordata* Mill., *Viburnum opulus* L., *Vitis amurensis* Rupr.). С учетом этих видов

в коллекциях Главного, Алтайского, Джезказганского, Илийского и Карагандинского ботанических садов произрастает 39 видов таксономически идентичных древесных растений. Однако и только в пунктах интродукции, относимых А.Редером к Ш зоне, доля растений этой экологической градации невелика (28%), хотя и выше, чем при анализе с учетом Актау. Практическая равновероятность принадлежности растений, произрастающих в экологическом диапазоне, соответствующем Ш зоне А.Редера, ко П-1У зонам этого автора могла бы послужить поводом для вывода о недейственности этой экологической классификации на территории Казахстана.

Однако, прежде чем сделать такой вывод, необходимо углубить и конкретизировать исследования. Зоны А.Редера соответствуют нижним границам диапазонов экологической пластичности растений по морозостойчивости, а дифференциация видов по зонам — прогнозируемым А.Редером градациям их морозостойчивости. Наш предшествующий анализ велся на основе общей жизнеспособности растений, которая в Казахстане зависит не только от успеха перезимовки, но, порой, еще в большей степени от летних условий, жары и засухоустойчивости растений. Поэтому результаты нашего анализа могут носить лишь сильно огрубленный характер.

Более детальное апробирование прогнозного решения А.Редера было осуществлено нами путем сопоставления ука-

занного им уровня зимостойкости с фактической зимостойкостью растений в Лениногорске, Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате. Для этого были привлечены результаты исследований зимостойкости растений в ботанических садах Казахстана, проведенные на одной методической основе (Методические указания по учету коллекционных растений ботанических садов СССР с помощью ЭВМ, 1979).

Сопоставление прогнозирувавшейся и фактической зимостойкости растений проводилось следующим образом. Растения, отнесенные А.Редером к 1-Ш зонам, должны по прогнозу характеризоваться в Лениногорске, Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате полной зимостойкостью (балл зимостойкости - 1). В случае, если фактическая зимостойкость растений оказывалась ниже (балл зимостойкости - от 2 и выше), констатировалось завышение прогнозом фактического уровня зимостойкости. Растения, отнесенные А.Редером к IУ-У1 зонам, в соответствии с прогнозом должны были в анализировавшихся пунктах интродукции повреждаться в период перезимовки (балл зимостойкости - не менее 2). Если же фактически интродуценты были вполне зимостойки (балл зимостойкости - 1), то отмечалось занижение прогнозом фактического уровня зимостойкости.

По многолетним данным ГЭС АН Республики Казахстан и его периферийных отделов была установлена зимостойкость в Лениногорске, Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате 28 видов древесных растений. 17 из них отнесены А.Редером ко II, III зонам: миндаль низкий (*Amygdalus nana* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), черемуха виргинская (*Padus virginiana* (L.) Mill.), барбарис амурский (*Berberis amurensis* Rupr.), смородина золотая (*Ribes aureum* Pursh.), жостер слабительный (*Rhamnus cathartica* L.), вишня войлочная (*Cerasus tomentosa* (Thunb.) Wall.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.), дерен белый (*Swida alba* (L.) Opiz.), лица мелколистная

(*Tilia cordata* Mill.), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.), боярышник зеленомясый (*Crataegus chlorocarpa* Lenne et C.Koch), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), 11 видов отнесены к 1У-У1 зонам: боярышник мягковатый (*Crataegus submollis* Sarg.), жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq. fill), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), слива колючая (*Prunus spinosa* L.), клен татарский (*Acer tataricum* L.), хеномелис японский (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.), аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L.), яблоня Цуми (*Malus Zumi* (Mats) Rend.), сирень гималайская (*Syringa emodi* C.Don) (табл. 4.4).

В таблице представлены фактические уровни зимостойкости растений в пунктах интродукции, выведены варианты, в которых фактическая зимостойкость соответствует прогнозированной, а также ниже и выше нее. Соответствие прогноза А.Редера фактической зимостойкости растений обобщено по пунктам интродукции в табл. 4.5. Из этой таблицы следует, что соответствие прогнозу и отклонения от него в Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате весьма сходны, но отличаются от таковых в Лекиногорске. Для статистической проверки этого вывода была произведена оценка существенности разности между выборочными долями (Доспехов, 1973), имевших место случаев превышения, соответствия и занижения фактической зимостойкостью прогнозированной (табл. 4.6). Анализ показал, что по всем трем рассмотренным позициям результаты в Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате практически идентичны.

Иными словами, результаты прогноза в этих пунктах можно рассматривать как принадлежащие к одной генеральной статистической совокупности. С высокой точностью из таблиц 4.5, 4.6 можно также сделать вывод о том, что по сравнению с Джезказганом, Баканасом и Алма-Атой в Ле-

Т а б л и ц а 4.4. Зимостойкость растений в пунктах интродукции и оптимальные климатические зоны интродукции этих растений по А.Редеру

Вид	Средний балл зимостойкости по пунктам интродукции				Оптимальная климатическая зона интродукции по А.Редеру
	1	2	3	4	
	Миндаль низкий	1	1	1	
Карагана древовидная	1	1	1	1	П
Боярышник мягковатый +	(1)	(1)	(1)	(1)	1У
Липа мелколистная	1	1	1	1	Ш
Жимолость татарская	(1)	(1)	(1)	(1)	1У
Черемуха виргинская +	/1-2/	1	1	1	П
Сирень венгерская	1-2	(1)	(1)	(1)	1У
Барбарис обыкновенный	/2/	1	1	1	Ш
Боярышник зеленоясыый	/2/	1	1	1	Ш
Ясень обыкновенный	/2/	1	1	1	Ш
" пенсильванский +	/2/	1	1	1	Ш
" зеленый +	/2/	1	1	1	Ш
Дуб черешчатый	2	(1)	(1)	(1)	1У
Вяз гладкий	2	(1)	(1)	(1)	1У
Яблоня Цуми	2	(1)	(1)	(1)	1У
Барбарис амурский	/3/	1	1	1	П
Смородина золотая +	/2/	1	1	1	П

Сирень обыкновенная	12/	1	1	1	Ш
Клен татарский	2	(1)	(1)	(1)	1У
Жестер слабительный	12/	1	1-2/	1	П
Вишня войлочная	12-3/	1	12/	1	П
Клен ясенелистный +	12/	12/	1	1	П
Сливе колючая	3	(1)	2	(1)	1У
Сирень гималайская	2	1-2	1-2	1-2	У1
Пузыреплодник калинолистный +	12/	12/	12/	1	П
Сидла белая	12/	12/	12/	1-2/	П
Хеномелис японский	2-4	2	2	1-2	1У
Аморфа кустарниковая +	4	1-2	2	(1)	1У

Примечание. Пункты интродукции: 1 - Ленингорск; 2 - Джеккаган;

3 - Баканас; 4 - Алма-Ата, обозначения выполнения прогноза; 2 - соответ-
стве; 12/ - занижение; (2) - превышение прогнозируваемого уровня устой-
чивости; + - растения северо-американского происхождения.

Т а б л и ц а 4.5. Результаты оценки соответствия прогнозу А.Редера фактической зимостойкости растений в пунктах интродукции АН Республики Казахстан

Зимостойкость	Пункт интродукции							
	Лениногорск		Дзезказган		Баканас		Алма-Ата	
	Объем выборок - 28							
	Число ва-риантов	%	Число ва-риантов	%	Число ва-риантов	%	Число ва-риантов	%
Соответствует прогнозу	12	43	17	61	17	61	18	64
Выше прогнозированной	2	7	8	28	7	25	9	32
Ниже прогнозированной	14	50	3	11	4	14	1	4

Т а б л и ц а 4.6. Критерии существенности разности между выборочными долями встречаемости случаев превышения (А), совпадения (Б) и занижения (В) фактической зимостойкости, прогнозировавшейся по А.Редеру. Пункты интродукции: 1 - Ленингорск, 2 - Д жезказган, 3 - Баканас, 4 - Алма-Ата

Пункт интродукции	А		Пункт интродукции	Б		Пункт интродукции	В				
	2	3		4	2		3	4			
1	2,24	1,89	2,50	1	1,38	1,38	1,62	1	3,55	3,27	4,60
2		0,33	0,33	2		0,00	0,23	2		0,33	1,00
3			0,58	3			0,23	3			1,25

Примечание. Значения критерия значимости, соответствующие достоверности разности: 2,01 - 5%, 2,68 - 1%, 3,50 - 0,1%.

ниногорске значительно чаще фактический уровень зимостойкости оказывается ниже прогнозируемого. В Джекказгане и Алма-Ате с 5% уровнем значимости более распространено, чем в Лениногорске, превышение фактическим уровнем зимостойкости прогнозируемого. Достоверность отличий в этом между Баканасом и Лениногорском составляет по значению критерия достоверности, связанному со значениями вероятности (Лакин, 1980), 94%. Отличия между Джекказганом, Баканасом, Алма-Атой и Лениногорском по совпадению фактического и прогнозируемого уровней зимостойкости менее значимы (83-89%).

Поскольку данные прогноза по Джекказгану, Баканасу и Алма-Ате могут рассматриваться как принадлежащие к одной генеральной совокупности, их целесообразнее охарактеризовать как целое и сопоставить с результативностью прогноза в Лениногорске. Прогноз для Джекказгана, Баканаса и Алма-Аты осредненно в 62% случаев совпадает с фактической зимостойкостью растений. Доверительный интервал уровня значимости 0,05 вероятности таких совпадений (Снедекор, 1961.) составляет 52-72%. В Лениногорске же средняя частота таких совпадений равна 43%, а ее доверительный интервал - 25-63%. Прогноз для Джекказгана, Баканаса и Алма-Аты в 29% случаев (доверительный интервал уровня значимости 0,05 - 20-39%) занижает фактический уровень зимостойкости растений. В Лениногорске же распространенность занижений фактического уровня зимостойкости составляет лишь 7% с доверительным интервалом 1-32%. Прогноз для Джекказгана, Баканаса и Алма-Аты в 9% случаев завышает зимостойкость (доверительный интервал - 5-18%). В Лениногорске же такое завышение прогнозом фактической зимостойкости растений достигает 50% с доверительным интервалом 3-69%. Существенность отличий (Доспехов, 1973) между прогнозом для Джекказгана, Баканаса и Алма-Аты, с одной стороны, и Лениногорска, с другой, составляет по совпадению прогноза с фактической устойчивостью 92% (критерий существенности отличий - 1,76, число степеней свободы, как и в остальных случаях - 110); по занижению прогнозом фактической ус-

Т а б л и ц а 4.7. Климатические характеристики пунктов интродукции, в которых оценивалась зимостойкость растений

Пункт интродукции	Средний многолетний годовая абсолютный минимум температуры воздуха, °С	Средние минимальные температуры за декабрь - февраль, °С	Продолжительность безморозного периода, сут	Длительность периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через	
				+5°С	+10°С
Ленингорск	-34	-18,3	94	153	120
Джезказган	-34	-19,8	128	187	157
Баканис	-34	-16,7	156	211	179
Алма-Ата	-22	-15,2	176	211	179

тойчивости – более 99% (критерий существенности отличий – 3,14); по завышению прогнозом фактической устойчивости – более 99,9% (критерий существенности отличий – 4,00).

Проведенный анализ показывает, что результативность прогноза в Лениногорске иная, чем в других пунктах интродукции. Главной отличительной чертой результатов в Лениногорске является преобладание завышений в прогнозах против фактических уровней зимостойкости растений. Причину выявленных различий логично искать в особенностях климатических режимов пунктов интродукции, влияющих на зимостойкость растений (табл. 4.7). Средний многолетний абсолютный минимум температуры позволяет судить о максимальных разовых температурных стрессах, с которыми приходится справляться растениям. На этом параметре как раз и основано прогнозирование А.Редера. Однако, как становится ясно, не этот фактор определяет отличие результатов прогнозирования между Лениногорском и остальными пунктами. В Лениногорске, Баканасе и Джекказгане средний многолетний годовой абсолютный минимум температуры воздуха идентичен. Средняя минимальная температура за декабрь–февраль характеризует общий температурный режим перезимовки, однако и она не определяет различий – в Джекказгане по этому показателю условия даже менее благоприятные, чем в Лениногорске.

Морозостойкость древесных растений в пределах одного вида и даже генетически более близких образцов зависит от продолжительности периода вегетации. Сокращение срока периода вегетации приводит к понижению морозоустойчивости (Туманов, 1979). Потенциальная продолжительность периодов вегетации растений – микротермов может быть оценена по продолжительности в году периода с момента весеннего повышения среднесуточной температуры воздуха до $+5^{\circ}\text{C}$ и до осеннего снижения данного параметра ниже этого уровня (Шульц, 1981). Для более теплолюбивых растений – мезотермов потенциальная продолжительность периодов вегетации ограничивается весенним и осенним переходами среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$. В ряду анализирующихся

пунктов интродукции потенциальные продолжительности периодов вегетации микро- и мезотермов функционально связаны уравнением вида

$$T_{\text{мик}} = T_{\text{мез}} + 32,$$

где $T_{\text{мик}}$ - потенциальная продолжительность вегетации микротермов, а $T_{\text{мез}}$ - макротермов в сутках. Прямые показатели потенциальной длительности вегетации растений тесно коррелируют с продолжительностью безморозного периода (коэффициент корреляции - 0,950, уровень достоверности - 0,05). Зависимостью от этих параметров результативности прогноза можно объяснить отличие Лениногорска от других анализируемых пунктов интродукции.

Это очевидно при графическом построении зависимостей результативности прогноза от характеристик потенциальной длительности периода вегетации растений. На рис. 4.1 приведены такие зависимости от продолжитель-

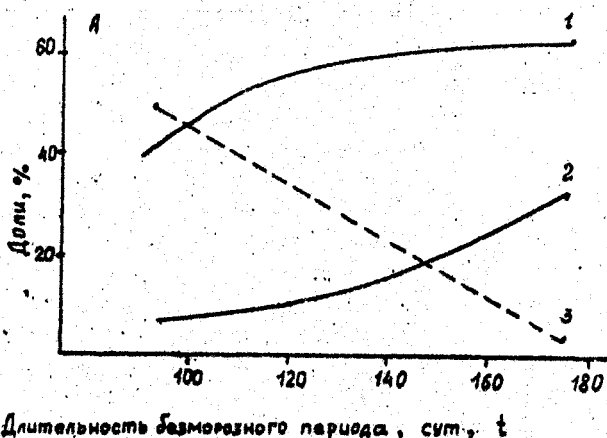
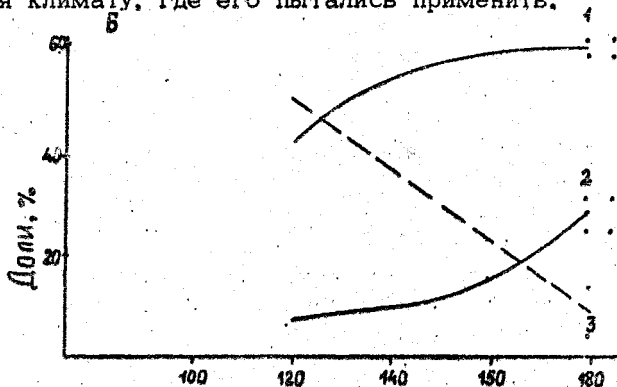


Рис. 4.1. Зависимость долей соответствия зимостойкости растений от продолжительности безморозного периода: 1 - соответствие прогнозу; 2 - завышение; 3 - занижение прогнозируемого уровня зимостойкости

ности безморозного периода. Они имеют криволинейный характер. До уровня протяженности безморозного периода 120-125 сут криволинейность зависимостей выражена сильно, а при большей его длительности — сглаживается. Аналогичны зависимости результативности прогноза и от потенциальной длительности периода вегетации растений — мезотермов (рис. 4.2). Здесь сглаживание кривых обнаруживается в интервале 150-155 сут. По приведенному выше уравнению сглаживание кривых для растений — микротермов произойдет в диапазоне 182-187 сут. Фактически во всем изученном диапазоне продолжительности безморозного периода, длительности вегетации мезотермов эти параметры, отражающие длительность периода вегетации растений, влияют на качество прогноза. Чем короче продолжительность вегетации, тем ниже точность прогнозирования зимостойкости и вероятность занижения прогнозом реального уровня зимостойкости и выше вероятность того, что прогноз завышает уровень устойчивости растений. Анализируемое прогнозное решение А.Редера учитывает только годовые абсолютные минимумы температуры, хотя реально зимостойкость определяется и продолжительностью вегетации растений. Однако при длительности вегетации, превышающей 150-155 сут для мезотермов и 182-187 сут для макротермов, однофакторный прогноз только по абсолютным минимальным температурам допустим и продуктивен, так как роль второго фактора незначительна. Отличия между данными прогноза для Лениногорска и для других анализирующихся пунктов интродукции — результат применения прогнозного фитоклиматического решения в качественно различных экологических диапазонах. В Лениногорске прогнозное решение "не работает", так как не учитывает здесь существенную роль продолжительности вегетации растений. В остальных пунктах прогнозное решение удовлетворительно, так как в них влияние длительности периода вегетации на зимостойкость незначительно. С учетом рассмотренных выше фактов удастся разграничить зону применимости анализируемого прогнозного решения. Результативность прогноза в Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате соответствует оптимальным

возможностям модели зимостойкости А.Редера, и поэтому по данным этих пунктов интродукции можно попытаться выявить закономерности влияния на качество прогноза экологической пластичности растений. В Лениногорске же искать такие закономерности не имеет смысла. Здесь ошибки обуславливаются не экологической пластичностью растений или не столько ей, сколько несоответствием прогнозного решения климату, где его пытались применить.



Потенциальная длительность вегетации растений мезотермов, сут.
 Рис. 4.2. Зависимость долей соответствия фактической зимостойкости прогнозируемому уровню: 1 — соответствие прогнозу; 2 — завышение прогноза; 3 — занижение прогнозируемого уровня зимостойкости

Важнейшей гранью экологической пластичности вида является его экологический полиморфизм. Виды, как отмечал Н.И.Вавилов (1931), представляют собой сложную систему экотипов или климатипов. Только знание основного потенциала разновидностных признаков приводит действительно к овладению и знанию вида. Вся совокупность генетического разнообразия некультивируемого вида сосредоточена в его естественном ареале. При культивировании, интродукции возможно дополнение этого разнообразия новыми формами, разновидностями, сформировавшимися и отобранными в культуре. Однако и в этом случае природное гене-

тическое разнообразие вида древесных растений, за редкими исключениями, будет основополагающим.

Принятое нами решение А.Редера позволяет оценить влияние на качество прогноза охвата прогнозным решением всего естественного ареала или только его фрагментов. Последнее имеет место при интродукционном опробовании вида.

Осуществляя дендрорайонирование Северной Америки, А.Редер имел возможность сопоставить свои фитоклиматические зоны с естественными ареалами растений и откорректировать свой прогноз оценками поведения растений в естественных ареалах. По растениям других флор такая работа не проводилась да и не могла быть произведена как из-за ограниченности информации, так и по задачам исследований А.Редера. Следовательно, его прогнозы по северо-американским растениям можно квалифицировать, как достаточно полно учитывающие естественный видовой полиморфизм, а прогнозы по представителям других флор — как учитывающие его лишь частично.

В анализировавшейся выборке растений — 8 видов северо-американского происхождения (см. табл. 4.4). Мы провели сопоставление эффективности прогнозов по этим видам с эффективностью прогнозов по 20 видам другого происхождения (табл. 4.8). Наиболее существенное отличие, приближающееся к стандартному уровню значимости 0,05, заключается в том, что фактическая зимостойкость северо-американских растений в два раза реже превышает прогнозирующуюся. Это доказывает, что полнота знаний о растении в его естественном ареале позволила точнее определить границы его устойчивости и диапазон экологической пластичности. Это, в свою очередь, приводит к более полной реализации возможностей видов северо-американской флоры в прогнозном решении. Критерием такой реализации служит сумма совпадений и завышений прогнозом фактической устойчивости. По северо-американским растениям эта сумма составляет 83% с доверительным интервалом 62–97%, а по представителям других флор — 66% с доверительным интервалом уровня значимости 0,05 — 52–79%.

Т а б л и ц а 4.8. Соответствие прогнозу А.Редера зимостойкости растений северо-американского происхождения

Зимостойкость	Происхождение растений				Существенность отличий между североамериканскими и растениями иного происхождения	
	северо-американское		иное			
	Объем выборки	-24	Объем выборки	-60		
	Число вариантов	%	Число вариантов	%		
Соответствует прогнозу	17	71	35	58	1,18	0,762
Выше прогнозированной важнейшей	4	17	20	34	1,73	0,916
Ниже прогнозированной важнейшей	3	12	5	8	0,50	0,040

Еще одним вопросом, достаточно широко обсуждаемым в связи с экологической пластичностью и интродукцией растений, является широта естественного ареала. Предпосылкой широты такого ареала может быть широта экологического спектра растений (Байтулин, 1980, 1989). Растению же с относительно узким ареалом должна быть свойственна меньшая экологическая пластичность. Пользуясь руководством "Деревья и кустарники СССР" (1951, 1954, 1958, 1960, 1962), из 28 растений, анализировавшихся в нашем исследовании, мы выделили 8 видов с относительно узкими естественными ареалами (сирень венгерская, яблоня Цуми, боярышник зеленомясый, барбарис амурский, смородина золотая, сирень обыкновенная, сирень гималайская, хеномелес японский). Остальным видам свойствен достаточно широкий ареал. Сопоставление данных о соответствии прогнозу А.Редера зимостойкости растений с узкими и широкими естественными ареалами представлено в табл. 4.9. Анализ таблицы показывает, что по видам с узкими ареалами в нашей выборке не наблюдалось завышения прогнозом фактической устойчивости растений. Доверительный интервал уровня значимости 0,05 допускает встречаемость не более 17% таких завышений. В то же время для растений с широким ареалом доверительный интервал располагается в области 12-36%. Для растений с узкими ареалами характерно и большее совпадение прогнозных уровней зимостойкости с фактическими: 54-88% против 41-70% у растений с широкими ареалами. Следовательно, узость естественного ареала, связанная с экологической специализацией, способствует повышению точности интродукционного прогноза.

Приведенные выше цифровые данные не характеризуют надежность интродукционного прогноза. Для получения таких характеристик необходимы логико-математические преобразования и введение двух новых понятий: положительный и отрицательный интродукционные прогнозы. Под первым понятием мы понимаем рекомендацию данного вида в данный пункт интродукции на основе того или иного приема интродукционного прогнозирования, а под вторым мы понимаем

Таблица 4.9. Соответствие прогнозу А.Редера зимостойкости растений с узкими и широкими естественными ареалами

Зимостойкость	Характер естественного ареала				Существование отличий между растениями с узким и широким естественными ареалами	
	узкий		широкий			
	Объем выборки-24		Объем выборки-60			
	Число вариантов	%	Число вариантов	%		
				Критерий	Уровень достоверности	разницы
Соответствует прогнозу	18	75	34	57	1,64	0,899
Выше прогнозируемой	6	25	18	30	0,50	0,383
Ниже прогнозируемой	0	0	8	13	2,36	0,982

отрицание успешности интродукции данного вида в данный пункт интродукции на основе того или иного приема интродукционного прогнозирования. Глубокие различия между этими понятиями раскрываются в процессе анализа их надежности при фитоклиматическом интродукционном прогнозировании.

Из 28 анализировавшихся видов лишь 17, отнесенных А.Редером ко II, III зонам, рекомендованы прогнозным решением для интродукции в Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате. Испытания в трех пунктах интродукции 17 видов дали 51 повторность наблюдений. Из этого числа наблюдений 43 подтвердили прогноз, а в 8 случаях прогноз оказался завышенным — фактическая зимостойкость была ниже прогнозированной. По этим видам растений занижение прогнозом фактической устойчивости невозможно, так как прогноз приписывает всем им максимальную зимостойкость в III зоне. Надежность положительного интродукционного прогноза может быть вычислена в данном случае как выраженное в процентах частное от деления числа, подтвердивших прогноз наблюдений, на общее число наблюдений в опыте. Рассчитанная таким образом средняя величина надежности прогноза составляет 84%. Ее доверительный интервал уровня значимости 0,05 (Снедекор, 1961) равняется 73-94%.

Уровень надежности положительного интродукционного прогноза зависит от характера естественного ареала прогнозируемого вида. Для видов с узкими естественными ареалами он выше (83-100%), а с широкими — ниже (66-90%).

Надежность положительного интродукционного прогноза, по прогнозному решению А.Редера достаточно высока при условии соответствия климата пункта интродукции, для которого подбирается ассортимент, ограничениям прогнозной модели (когда главным условием в отборе зимостойких видов являются только годовые абсолютные минимумы температуры). Поэтому такие положительные интродукционные прогнозы, безусловно, следует использовать как в практике интродукционных исследований при составлении перспективных списков растений, подлежащих интродукции, так и в

формировании предварительных ассортиментов растений для озеленения населенных пунктов, при условии, что именно условия перезимовки являются в данной местности основным лимитирующим фактором жизнедеятельности растений.

Надежность отрицательного интродукционного прогноза может быть рассчитана на основании данных об 11 видах растений, отнесенных А.Редером к 1У-У1 зонам. По прогнозу они должны быть незимостойки в Ш зоне. Из 33 повторностей наблюдений по этим видам прогноз оправдался лишь в 8, следовательно, средний уровень надежности отрицательного прогноза по прогнозному решению А.Редера составляет 24%. Его доверительный интервал уровня значимости 0,05 охватывает область 10-43%. Надежность отрицательного прогноза незначительно варьирует в зависимости от охвата прогнозной моделью разнообразия вида в его природном ареале. Так, при прогнозном решении А.Редера средняя надежность отрицательного прогноза для северо-американских растений составляет 33%, а для прочих - 22%. Очевидно, что такие уровни надежности отрицательных интродукционных прогнозов, полученных фитоклиматическим методом, не позволяют рекомендовать его в практику интродукции. Если фитоклиматический прогноз говорит "Нет", очень вероятно, что проверкой прямым интродукционным испытанием будет доказано "Да".

Соотношение надежности положительных и отрицательных интродукционных прогнозов, когда положительный прогноз осредненно в 3,5 раза точнее отрицательного, отражает различную степень влияния на них экологической пластичности вида. Для осуществления надежного положительного прогноза необходимо, чтобы рекомендуемые растения обладали устойчивостью к экологическому фактору, по градициям которого осуществляется прогноз, не ниже, чем его напряженность в географическом пункте, куда ведется прогноз. Как показывают наши исследования, достаточным оказывается апробирование устойчивости вида в его природном и культургагенном ареалах. Дополнительной и необходимой гарантией успеха интродукции рекомендованного прогнозом вида является то, что, как правило, репродукционный мате-

риал привлекается из пунктов, экологические характеристики которых близки к новому пункту интродукции. В этих пунктах репродукции уже осуществлен отбор оптимального для данных экологических условий экотипа вида. Поэтому, если вид подразделяется на экотипы, в новом пункте интродукции зачастую оказываются те или тот из них, которые устойчивы к действию лимитирующего фактора данной интенсивности. Однако подразделенность вида на экотипы обуславливает затруднения положительного интродукционного прогноза. Об этом свидетельствуют наши данные о том, что для видов с ограниченным естественным ареалом надежность прогноза составляет 83–100%, а с широким – 66–90%. Виды с ограниченным естественным ареалом, как правило, экологически наименее дифференцированы, а широкий естественный ареал предполагает подразделение вида на экотипы, хотя и среди этих видов встречаются достаточно однообразные в плане экологического приспособления (Базилевская, 1964; Головкин, 1988).

При отрицательном интродукционном прогнозе интродукторы исходят из того, что генофонд вида не дает возможности нормально функционировать организмам при данной напряженности лимитирующего фактора. Однако сведениями для такого вывода интродукторы чаще всего не располагают. Даже знание полного разнообразия природных условий естественного ареала вида не позволяет судить о границах его устойчивости. Давно замечено (Дарвин, 1951; Вавилов, 1987 и др.), что во многих случаях растения способны нормально развиваться в условиях, крайне контрастных с присущими их природному ареалу. Возможность жизнедеятельности организма в экологически крайне контрастном по сравнению с его родиной районе может быть заложена в генотипе, но не реализована на родине в силу исторических, биоценологических или механических причин (Головкин, 1988). Речь идет о преадаптации, которой в интродукции растений до последнего времени уделяли сравнительно мало внимания. Иллюстрацией влияния преадаптации на надежность отрицательного интродукционного прогноза может служить наше сопоставление надежности прогноза по

шкале А.Редера для растений северо-американского и прочего происхождения. Полнота информации о растениях в их природном ареале увеличивает надежность прогноза с 22 всего лишь до 33%. Однако причины этого явления не ограничиваются одной преадаптацией. Р.Д.Гуд (Good, 1931) отмечает, что устойчивость растений подчиняется тем же законам эволюции, что и другие признаки, а потому способна изменяться. Ее изменения связаны с модификацией физиолого-биохимических процессов, морфолого-анатомических структур, ритма сезонного развития и т.п. Такая эволюция происходит как в естественных ареалах растений, так и при их культивировании.

Достаточно полные представления об экологической пластичности растений, накопленные сегодня, по истечении определенного времени окажутся недостаточными, неполными. Отсюда следует, что, как бы полно мы не копили информацию об экологической пластичности растений для обоснования его отрицательного прогноза, он никогда не будет достаточно надежным. Этим обуславливается неисчерпаемость интродукционного эксперимента.

Наши исследования охватывали достаточно узкий эколого-географический спектр и относительно небольшое количество таксонов древесных растений. Поэтому было важно сопоставить результаты наших исследований с результатами аналогичных, проведенных в других регионах и с другими растениями. Возможность такого сопоставления предоставляет работа Б.Н.Головкина (1986), в которой приведены прогнозные и фактические уровни зимостойкости 62 видов деревьев и кустарников в 38 интродукционных пунктах бывшего СССР. Б.Н.Головкин применил шкалу зимостойкости Редера-Уимена (Skinner, 1962), которая является более детальным вариантом шкалы А.Редера: 10 зон вместо 7. Б.Н.Головкин сравнивал принадлежность крайних северных пунктов распространения видов индикаторов к фито-климатическим зонам США и бывшего СССР. Соответствие таких зон в США и на территории бывшего СССР можно определять как выполнение прогноза. Если индекс зоны на территории бывшего СССР выше, чем в США,

то фактическая зимостойкость ниже прогнозирувавшейся, и наоборот. С помощью такого подхода мы обобщили данные Б.Н.Головкина (табл. 4.10). Нужно отметить, что при сопоставлении соответствия фитоклиматических зон надежность положительного интродукционного прогноза может быть вычислена как выраженное в процентах частное от деления доли совпадений на сумму совпадений и завышений прогнозом фактического уровня устойчивости.

На первый взгляд приведенные данные противоречат результатам наших исследований. Надежность положительного интродукционного прогноза по Б.Н.Головкину более чем в два раза ниже наших расчетов. Низкая надежность прогноза обуславливается меньшим соответствием фактической зимостойкости прогнозирувавшейся и распространенностью завышения прогнозом фактического уровня устойчивости. Наши исследования показали, что в интервале средних многолетних абсолютных минимумов температуры воздуха от -22°C до -34°C при продолжительности безморозного периода более 120-125 сут количественные закономерности соответствия прогнозных решений А.Редера фактической зимостойкости растений идентичны. По шкале Редера-Уимена этому интервалу минимальных температур соответствуют две зоны (1У и У). Это позволяет предположить, что осуществленное в шкале Редера-Уимена дробление зон понизило точность прогноза, так как не соответствовало биологически значимой градации лимитирующего фактора. В связи с этим предположением нами было осуществлено преобразование данных статьи Б.Н.Головкина — их перевод со шкалы Редера-Уимена в шкалу Редера 1949 г. Такое преобразование (см. табл. 4.10) приблизило надежность положительного интродукционного прогноза к установленным нами лимитам. И все же она оказалась ниже 5% доверительного интервала. Причина этого несоответствия заключается в следующем.

Наши исследования базировались на данных, собранных на территориях, климатический режим которых в соответствии с градациями А.Редера относится к Ш зоне. Пункты

Т а б л и ц а 4.10. Сопоставление результатов оценки соответствия прогноза фактической зимостойкости в 37 пунктах интродукции, проанализированных Б.Н.Головкиным (1986) в Джезказгане, Баканасе и Алма-Ате

Источник информации	Головкин (1986)				Джезказган, Баканас, Алма-Ата			
	Федера-Уимена				Федера (Rehder, 1949)			
	Объем выборки - 62				Объем выборки - 84			
Зимостойкость	Число вариантов	%	Число вариантов	%	Число вариантов	Доверительный интервал 0,05%		
	Соответствует прогнозу	16	26	36	58	52	62	52-72
Выше прогнозируемой	20	32	8	13	24	29	20-39	
Ниже прогнозируемой	26	42	18	29	8	9	5-18	
Надежность полужительного интродукционного прогноза, %	38				67		84	73-94

интродукции, анализировавшиеся Б.Н.Головкиным, относятся ко П-1У зонам А.Редера. Можно предположить, что качество прогноза по разным зонам будет неодинаково. Проведенный нами анализ с использованием шкалы А.Редера 1949 г. подтверждает эту гипотезу (табл. 4.11).

Оказывается, надежность положительных интродукционных прогнозов на территории бывшего СССР во П и особенно 1У фитоклиматических зонах А.Редера значительно ниже, чем в Ш. Средний же уровень надежности прогноза для Ш зоны, по данным Б.Н.Головкина, не отличается от установленных нами значений. Таким образом, причинами первоначального несоответствия между нашими результатами и рассчитанными по данным Б.Н.Головкина были различия прогнозных шкал и отличия надежности положительного интродукционного прогноза в разных фитоклиматических зонах. Последнее делает актуальными специальные исследования экологической зависимости качества прогнозов в I, П, 1У и У зонах А.Редера на соответствующих им территориях.

Сопоставление установленных нами характеристик надежности положительного интродукционного прогноза с аналогичными характеристиками, рассчитанными по данным Б.Н.Головкина (1986), с одной стороны, является объективным подтверждением результатов наших исследований, а с другой, позволяет сформулировать гипотезу об ограничениях их интерпретации и использования. В настоящее время можно сказать, что достаточно качественный прогноз с использованием шкалы А.Редера может быть осуществлен для пунктов, расположенных на территориях, климатический режим которых соответствует Ш фитоклиматической зоне (средние многолетние абсолютные минимумы температуры воздуха -22° – -35° С), с потенциальной длительностью периода вегетации, не меньшей, чем при продолжительности безморозного периода 120–125 сут. При соблюдении этих условий надежность положительного интродукционного прогноза составляет 73–94% в широком диапазоне от Бишкека до Санкт-Петербурга, а в долготном – от Минска до Владивостока. Прогноз выполняется для различных таксономических групп растений. Нами были проанализированы 28 видов покрыто-

Т а б л и ц а 4.1.1. Сопоставление результатов оценки соответствия прогноза фактической зимостойкости растений (Головкин, 1986), отнесенных А.Редером (Rehder, 1949) к различным фитоклиматическим зонам

Зоны по Редеру (Rehder, 1949)	II		III		IV	
	Объем выбор- ки - 19		Объем выбор- ки - 23		Объем выбор- ки - 18	
	Число вариант.	%	Число вариант.	%	Число вариант.	%
Соответствует прогнозу	10	53	19	83	6	33
Выше прогнозировавшейся	2	11	3	13	3	17
Ниже прогнозировавшейся	7	36	1	4	9	50
<u>Надежность положительного интродукционного прогноза, %</u>	60		95		40	
<u>Доверительный интервал 0,05 надежности положительного интродукционного прогноза, %</u>	36-81		75-100		19-64	

семенных древесных растений. На основании данных Б.Н.Головкина (1986) по III фитоклиматической зоне, включающих 18 видов неперекрывающихся с изученными нами в Казахстане покрытосеменных и 5 видов голосеменных растений, можно утверждать, что прогноз равнорезультативен как по отношению к покрытосеменным, так и к голосеменным растениям и не обнаруживает видоспецифичности.

Таким образом, необходимо различать два интродукционных прогноза: положительный рекомендует интродуцировать данный вид в данный географический пункт, а отрицательный исключает успех такой интродукции. Оба типа прогноза, осуществленные для одного и того же растения или группы растений, различаются уровнями влияния на точность прогнозирования экологической пластичности вида и надежностью прогнозных решений. Наличие у вида свойства экологической пластичности не позволяет осуществлять надежный фитоклиматический отрицательный интродукционный прогноз. Уровень надежности прогнозных решений фитоклиматического положительного интродукционного прогноза приемлем для использования этого методического подхода в практике интродукции растений.

Степень дробности прогнозных фитоклиматических шкал должна соответствовать биологической значимости градиентов лимитирующих факторов, по которым осуществляется прогноз. Биологически неоправданным является разделение III зоны шкалы зимостойкости А.Редера (Rehder, 1949) на две зоны в шкале Редера-Уимена (Skinner, 1962).

Использованию того или иного климатического прогнозного решения должна предшествовать проверка экологического соответствия нового пункта интродукции постулатам модели прогноза. При прогнозировании зимостойкости растений однофакторной моделью, учитывающей действие на растения только минимальных температур, постулируется несущественность влияния на зимостойкость других экологических факторов. Если в данном пункте интродукции имеет место существенное влияние на зимостойкость растений не только температурного режима, но и других экологических

факторов (продолжительность безморозного периода и т.п.), использование однофакторной прогнозной модели непроверено.

На территории бывшего СССР прогнозное решение по зимостойкости растений А.Редера (Rehder, 1949) применимо к районам, климатический режим которых характеризуется средними многолетними годовыми абсолютными минимумами температуры воздуха $-22 \div -35^{\circ}\text{C}$ и продолжительностью безморозного периода более 120-125 сут. Уровень надежности положительного интродукционного прогноза, осуществленного с использованием этой прогнозной модели, в среднем составляет 73-94%. Для видов с ограниченным естественным ареалом и недифференцирующихся на экотипы надежность прогноза увеличивается до 83-100%.

Г л а в а 5

ДИНАМИКА СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАСТЕНИЙ

В предыдущей главе мы рассмотрели главным образом экологические, географические аспекты проблемы экологической пластичности растений. Обоснованные при таком подходе теоретические положения существенны и в более широком контексте доказывают высокую информативность системной постановки исследовательской работы в ботанических садах Казахстана. Вместе с тем мы не касались собственно биологических механизмов формирования экологической пластичности, среди которых одним из важнейших является пластичность онтогенетических процессов.

Для восполнения этого пробела нами на основании данных интродукторов ботанических садов Казахстана исследовались взаимосвязи экологической пластичности и ритмов развития листовых древесных растений, интродуцированных в ботанических садах республики.

В основу этих исследований было положено представление о том, что совокупность ботанических садов АН Республики Казахстан можно рассматривать как экологический ряд градаций климатических показателей. Исходя из этих данных в ряду Лениногорск-Караганда-Джезказган-Баканас-Алма-Ата-Актау возможность зимних повреждений увеличивается в направлении от Актау к Лениногорску. Это определяется не только снижением в этом направлении значений минимальных температур воздуха, но и параллельным

сокращением продолжительности потенциального периода вегетации растений, значение которого для адаптационных процессов обсуждено в предыдущей главе.

Рассматриваемый ряд географических пунктов не характеризуется однозначным изменением от одного краевого пункта к другому климатических условий летнего периода. Однако и по экстремальности для растений летнего периода крайние пункты ряда противоположны. В Лениногорске летние условия являются гумидными, в Актау — крайне аридными. Это позволяет рассматривать ряд Лениногорск—Караганда—Джезказган—Баканас—Алма—Ата—Актау как полигон для испытаний экологической пластичности растений к двум комплексным лимитирующим факторам — условиям перезимовки и летней экстремализации метеорологического режима. Лениногорск является полюсом наибольшей неблагоприятности для растений зимних, а Актау — летних условий. Устойчивость растений во всем диапазоне ряда от Лениногорска до Актау соответствует оптимальной экологической пластичности для широкозонального использования растений в Казахстане. Уровни лимитирующих факторов в любом из промежуточных пунктов ниже, чем в крайних. Поэтому повреждаемость растений в промежуточном пункте будет свидетельствовать об ограниченности диапазона экологической пластичности растений.

В описанном экологическом ряду по данным 1988 г. были проанализированы зимостойкость (Методические указания по учету коллекционных растений ботанических садов СССР с помощью ЭВМ, 1979), засухоустойчивость (Пятницкий, 1961) и ритмика сезонного развития (Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР, 1979) *Acer negundo* L., *Acer semenovi* Regel et Herd., *Acer tataricum* L., *Amorpha fruticosa* L., *Amigdalus nana* L., *Berberis vulgaris* L., *Betula pendula* Roth., *Caragana arborescens* Jam., *Cerasus tomentosa* (Thub.) Wall., *Crataegus altaica* Lange., *Fraxinus lanceolata* Borch., *Ligustrum vulgare* L., *Lonicera tatarica* L., *Padus virginiana* Mill., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *Quercus robur* L.,

Rhamnus cathartica L., *Ribes aureum* Pursh., *Syringa josikaea* Taeq. fill., *Syringa vulgaris* L., *Spireae canescens* D. Don., *Ulmus laevis* Pall., *Vitis riparia* Michx.

Уровни зимо- и засухоустойчивости растений в пунктах интродукции АН Республики Казахстан приведены в табл. 5.1. Эти данные, во-первых, подтверждают логику построения экологического ряда. Минимальные уровни зимостойкости отмечаются в Лениногорске, засухоустойчивости — в Актау. Устойчивость растений в промежуточных пунктах ряда выше, чем в крайних. Во-вторых, эти данные позволяют классифицировать растения по уровням их экологической пластичности, соответствующим широте диапазона устойчивости в ряду:

I группа — повреждения обнаруживаются лишь в Актау и Лениногорске (вяз гладкий, смородина золотистая, сирень венгерская, миндаль низкий, черемуха виргинская, клен татарский, боярышник алтайский, клен Семенова); II — зимнее повреждение только в Лениногорске, летние — не только в Актау (береза повислая, сирень обыкновенная, карагана древовидная, жимолость татарская, жестер слабительный); III — летние повреждения только в Актау, зимние — не только в Лениногорске (дуб черешчатый, барбарис обыкновенный, вишня войлочная, ясень ланцетный, клен ясенелистный); IV — зимние повреждения не только в Лениногорске, летние — не только в Актау (пузыреплодник калинолистный, виноград прибрежный, аморфа кустарниковая, таволга сероватая).

Виды I группы обладают оптимальной пластичностью для условий республики. Их развитие лишь незначительно угнетается в крайних точках экологического диапазона. Растения II группы являются ограниченно-пластичными по засухоустойчивости, а растения III группы — по зимостойкости. Представители IV группы недостаточно пластичны для широкозонального культивирования в Казахстане вследствие ограниченных зимо- и засухоустойчивости. Экологические группы, выделенные на основании качественных признаков (наличие или отсутствие повреждений в определенных пунк-

Т а б л и ц а 5.1. Баллы зимостойкости (в числителе) и засухоустойчивости (в знаменателе) растений в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1988 г.

Вид	Пункты интродукции						
	Ленино-горск	Караганда	Джезказган	Баканас	Алма-Ата	Актау	
1	2	3	4	5	6	7	

1. Повреждения растений отмечаются только в Актау и Лениногорске

Вяз гладкий	2/5	-	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4
Смородина золотистая	2/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4
Сирень венгерская	2/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
Миндаль низкий	3/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	-
Черемуха виргинская	4/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
Клен татарский	4/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
Боярышник алтайский	4/5	1/5	1/5	-	-	-	-
Клен Семенова	4/5	1/5	1/5	-	-	-	-

П. Летние повреждения растений не только в Актау, зимние - только в Лениногорске

Береза повислая	2/5	1/4	1/4	1/5	1/5	1/5	-
Сирень обыкновенная	3/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
Карагана древовидная	3/5	1/5	1/4	1/5	1/5	1/5	-
Жимолость татарская	4/5	1/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/3
Жестер слабительный	4/5	1/5	1/4	1/5	1/5	1/5	-

1	2	3	4	5	6	7
Ш. Зимние повреждения не только в Лениногорске, летние - только в Актау						
Дуб черешчатый	4/5	2/5	1/5	1/5,	1/5	1/4
Барбарис обыкновенный	4/5	1/5	2/5	1/5	1/5	1/4
Бирючина обыкновенная	4/5	4/5	2/5	1/5	1/5	1/4
Вишня войлочная	4/5	-	2/5	1/5	1/5	1/4
Ясень ланцетный	4/5	2/5	1/5	1/5	1/5	1/3
Клен ясенелистный	4/5	2/5	2/5	1/5	1/5	1/3
1У. Зимние повреждения не только в Лениногорске, летние - не только в Актау						
Пузыреплодник калинолистный	4/5	2/5	2/4	1/5	1/5	1/3
Виноград прибрежный	6/5	1/5	3/4	1/5	1/5	1/5
Аморфа кустарниковая	6/5	5/5	2/3	1/5	1/5	1/4
Таволга сероватая	6/5	-	2/4	1/5	-	-

тах), различаются количественными характеристиками устойчивости. Средний уровень балла зимостойкости в Лениногорске составляет для растений 1 группы 3,1, П - 3,2, Ш - 4,0 и 1У - 5,5.

Выполненное выше выделение групп растений, характеризующихся различными уровнями экологической пластичности, позволяет проанализировать соотношение адаптивности и особенностей жизнедеятельности организмов. Степень приспособленности растений к определенным экологическим условиям во многом определяется соответствием эндогенной ритмики сезонного развития климатическому режиму местообитания (Лапин, 1967; Лапин, Рябова, 1982). Для средней полосы европейской части России показано, что древесные растения, относительно рано начинающие ростовые процессы и рано их завершающие, успешнее интродуцируются, чем виды, поздно начинающие и поздно оканчивающие рост (Лапин, 1967). Таким образом, одним из критериев адаптабельности растений является длительность ростовых процессов, а другим - степень запаздывания их начала по отношению к динамике погодных условий. Эти критерии достаточны для оценки перспективности вида в одном конкретном географическом пункте или определенной области с относительно константными климатическими условиями. Но для широкозонального районирования растений, определения их экологической пластичности в широком климатическом спектре дополнительными критериями адаптабельности должны быть амплитуда варьирования длительности процесса, а также соответствие этого варьирования изменениям лимитирующих факторов в рассматриваемом экологическом ряду.

Узловыми характеристиками ритмов сезонного развития растений, которыми до настоящего времени в интродукционных исследованиях уделяется недостаточно внимания, являются длительность и время протекания развития репродуктивных органов. Известно (Сказкин, 1961, 1971), что именно с репродукционными процессами связаны критические периоды, когда организм наиболее уязвим засухой. Для древесных лиственных растений логично рассматривать длитель-

Т а б л и ц а 52. Продолжительность роста растений

Группа	Вид	Продолжительность роста		
		Ленино-горск	Караганда	Джезказган
1	Вяз гладкий	55	-	74
1	Смородина золотистая	81	108	102
1	Сирень венгерская	42	86	91
1	Миндаль низкий	40	45	54
1	Черемуха виргинская	42	60	71
1	Клен татарский	21	-	102
1	Боярышник алтайский	49	91	75
1	Клен Семенова	21	84	89
	Средние по группе			
П	Береза повислая	28	89	75
П	Сирень обыкновенная	42	75	104
П	Карагана древовидная	42	70	75
П	Жимолость татарская	28	82	97
П	Жестер слабительный	79	89	37
	Средние по группе			
Ш	Дуб черешчатый	28	105	85
Ш	Барбарис обыкновенный	112	118	91
Ш	Бирючина обыкновенная	-	80	158
Ш	Вишня войлочная	28	-	75
Ш	Ясень ланцетный	38	73	62
Ш	Клен ясенелистный	59	74	121
	Средние по группе			
1У	Пузыреплодник калинолистный	97	68	136
1У	Виноград прибрежный	144	142	99
1У	Аморфа кустарниковая	127	90	-
1У	Таволга сероватая	112	104	134
	Средние по группе			

в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1988 г.

по пунктам интродукции			Максимальная длительность роста, сут	Амплитуда изменений, % от максимальной	Относительная длительность, % от максимальной	
Баканас	Алма-Ата	Актау			Лениногорск	Актау
-	42	97	97	57	100	57
117	126	100	126	36	64	79
-	53	106	106	60	40	100
-	38	-	54	30	74	-
-	32	105	105	70	40	100
-	13	123	123	89	17	100
-	-	-	91	46	54	-
-	-	-	89	76	24	-
			99±8,0	58±7,1	46±6,9	96±4,2
-	62	-	89	69	31	-
-	66	105	105	60	40	100
-	45	-	76	55	55	-
-	68	100	100	72	28	100
-	21	-	89	76	89	-
			92±5,0	66±3,9	49±11,1	100
-	24	68	105	77	27	65
-	42	97	118	64	95	82
-	90	121	158	49	-	77
-	75	106	106	74	26	100
123	34	114	123	70	31	93
126	61	102	126	81	47	81
			123±7,9	64±4,8	45±13,0	83±5,0
119	105	119	136	50	71	88
104	98	128	144	32	100	89
122	99	114	127	29	100	89
-	-	139	139	25	81	100
			136±3,6	34±5,5	88±8,8	92±2,9

ность развития плодов — от начала цветения до их созревания, распространив на его оценку критерии, которые обобщены в связи с анализом адаптбельности через ритмику роста.

Рассмотрим результаты исследований динамики сезонного развития растений.

Данные о продолжительности роста побегов растений в пунктах интродукции ГЭС АН Республики Казахстан приведены в табл. 5.2. В графах 3–9 этой таблицы приведены абсолютные значения продолжительности роста в сутках. В графах 10–12 даны относительные показатели, выраженные в процентах от наибольшей длительности ростовых процессов, характерной для данного вида. Такая максимальная длительность роста определялась путем выявления максимального значения показателя абсолютной длительности роста побегов для каждого вида независимо от пункта интродукции. Амплитуда изменений длительности роста рассматривалась как выраженное в процентах отношение разности абсолютных значений максимальной и минимальной продолжительности ростовых процессов, установленных для данного вида, к максимальной длительности роста. Выбор минимального для вида значения также осуществляется без учета пункта интродукции. Выявляемая таким путем амплитуда изменений длительности процесса соответствовала максимально возможной амплитуде его экологической изменчивости в ряду Лениногорск–Актау. Отношение абсолютной длительности роста в Лениногорске к максимальной показывает отклонение длительности роста побегов в наименее благоприятных условиях перезимовки к наибольшей потенциальной длительности этого процесса в условиях Казахстана. Чем ниже это соотношение, тем лучше сезонный ритм растений вписывается в экологические условия Лениногорска. Оптимальным вариантом является тот случай, когда длительность роста в Лениногорске оказывается минимальной из всех пунктов рассматриваемого экологического ряда. Отношение абсолютной длительности роста в Актау к максимальной для вида показывает отношение длительности роста в наиболее благоприятных условиях перезимовки к максимальной. Чем

ближе длительность роста в Актау к максимальной, тем полнее данный вид использует возможности экологической дифференциации в рассматриваемом ряду географических пунктов.

Анализ данных табл. 5.2 показывает, что в пределах одной экологической группы растений существенно различаются абсолютные продолжительности ростовой активности побегов. Однако в пределах группы соотношения между максимальной длительностью процесса и его длительностью в крайних пунктах экологического ряда одинаковы, как близки и амплитуды варьирования продолжительности роста. Средняя длительность роста у растений с высокой зимостойкостью (I, II группы) достоверно меньше, чем у растений с пониженной зимостойкостью (III, IV группы). У растений I-III групп статистически не различаются амплитуды варьирования длительности роста. Эти амплитуды определяются различиями длительности ростовых процессов в Актау и Лениногорске. Так, наибольшей продолжительности теплого периода в году в Актау соответствует наибольшая длительность роста побегов, а в Лениногорске с минимальной продолжительностью такого периода длительность роста растений минимальна. У растений IV группы амплитуда изменений продолжительности роста в 1,7-1,9 раза ниже, чем у остальных групп, относительные продолжительности роста в Актау и Лениногорске статистически достоверно не различаются, приближаясь к максимальной.

Данные о продолжительности периода от начала цветения до созревания плодов у растений в пунктах интродукции АН Казахстана сведены в табл. 5.3. Обобщение данных такое же, как по росту побегов. Из этой таблицы видно, что продолжительность развития плодов покрытосеменных растений, как и продолжительность роста, короткая у морозоустойчивых растений (I, II группы) и длительная — у незимостойких (III, IV группы). Амплитуды варьирования этого параметра сходны у всех групп растений. У видов, относенных к I и II группам, длительности развития плодов в Лениногорске и Актау идентичны. По амплитуде они близки к максимальным, свойственным этим растениям. У растений

Т а б л и ц а 5.3. Продолжительность периода (сутки)
в пунктах интродукции

Группа	Вид	Продолжительность		
		пунктам		
		Ленино-горск	Караганда	Джезказган
1	Вяз гладкий	-	34	21
1	Смородина золотистая	77	29	40
1	Сирень венгерская	127	100	122
1	Миндаль низкий	-	88	-
1	Черемуха виргинская	77	43	57
1	Клен татарский	99	39	67
1	Боярышник алтайский	105	77	118
	Средние по группе			
П	Береза повислая	112	85	-
П	Сирень обыкновенная	126	116	136
П	Карагана древовидная	70	34	42
П	Жимолость татарская	49	36	49
П	Жестер слабительный	105	101	75
	Средние по группе			
Ш	Дуб черешчатый	-	-	111
Ш	Барбарис обыкновенный	115	64	129
Ш	Бирючина обыкновенная	68	94	-
Ш	Вишня войлочная	-	-	53
Ш	Ясень ланцетный	-	102	143
Ш	Клен ясенелистный	140	113	127
	Средние по группе			
1У	Пузыреплодник калинолистный	63	49	21
1У	Виноград прибрежный	-	-	86
1У	Аморфа кустарниковая	-	-	115
	Средние по группе			

от начала цветения до созревания плодов у растений
АН Республики Казахстан, 1988 г.

развития плодов по интродукции, сут			Макси- мальная дли ← тель- ность развития плодов, сут	Ампли- туда изме- нений, % от макси- маль- ной	Относительная длительность от максимальной, %	
Бака- нас	Алма- Ата	Актау			Ленино- горск	Актау
34	29	38	38	45	-	100
39	67	68	77	62	100	88
-	93	96	127	27	100	76
87	130	-	130	33	-	-
-	97	74	97	56	79	76
-	106	135	135	71	73	100
-	-	-	118	35	89	-
			103±13,3	47±5,8	88±5,4	88±5,4
107	105	-	112	24	100	-
137	86	157	157	45	80	100
70	91	54	91	54	77	-
82	77	65	77	56	60	79
66	98	-	105	37	100	-
			108±13,5	43±5,9	83±7,6	89
159	90	-	159	43	-	-
132	110	155	155	59	74	100
-	91	141	141	52	48	100
128	56	53	128	59	-	41
-	154	153	154	33	-	99
-	158	173	173	35	81	100
			152±6,3	47±4,7	68±10,1	85±11,8
-	92	116	116	82	54	100
132	94	157	157	45	-	100
113	81	136	136	40	-	100
			136±11,9	56±19,7	54	100±0,0

же 1У и У групп длительность созревания плодов в Актау максимальная, а в Лениногорске – минимальная.

По результатам сопоставления продолжительности роста побегов и развития плодов можно заключить, что у более зимостойких растений обнаруживается большее соответствие вегетативных процессов особенностям метеорологического режима, в то время как у менее зимостойких преобладает такая согласованность с генеративными процессами. Для проверки справедливости этого утверждения проведен корреляционный анализ взаимосвязей между абсолютной длительностью роста побегов, абсолютной продолжительностью периода от начала цветения до созревания плодов у растений в пунктах интродукции и средней многолетней продолжительностью в этих пунктах периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ (табл. 5.4). Параллельно проанализирована корреляция между абсолютными длительностями роста и развития плодов у растений. Для суждений о степени существенности взаимосвязей использовалась следующая классификация значений коэффициентов корреляции (Лакин, 1980): менее 0,3 – слабая связь; от 0,3 до 0,5 – умеренная; от 0,5 до 0,7 – значительная; свыше 0,7 до 0,9 – сильная; 0,9 и более – очень сильная функциональная связь.

Из табл. 5.4 следует, что большему уровню экологической пластичности соответствует большая обусловленность длительности роста продолжительностью в году теплого периода. В 1 группе связь между периодами роста и длительностью теплого периода значительная, а в остальных группах – слабая. Иная картина наблюдается для продолжительности развития плодов. У зимостойких видов (1, П группы) связь между продолжительностью развития плодов и длительностью теплого периода слабее (умеренная, слабая), чем у незимостойких (Ш, 1У группы), характеризующихся значительной связью. Взаимосвязь продолжительности развития побегов и плодов слабая для всех групп растений, за исключением 1У (значительная связь). Таким образом, корреляционный анализ подтвердил положение о том,

Т а б л и ц а 5.4. Коэффициенты корреляции между абсолютными значениями длительности роста побегов, продолжительностью периода от начала цветения до созревания плодов у растений и средней многолетней продолжительности периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$, между абсолютными значениями длительности роста побегов и продолжительностью периода от начала цветения до созревания плодов, 1988 г.

Группа	Вид	Коррелирующие параметры				Продолжительность роста и развития плодов.
		Длительность периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$	продолжительность роста	продолжительный - рост развития плодов	4	
1	2	3	3		5	
1	Вяз гладкий	0,425	0,383		0,473	
1	Смородина золотистая	0,677	0,019		-0,367	
1	Сирень венгерская	0,656	-0,972		-0,235	
1	Миндаль низкий	-0,285	0,482		-	
1	Черемуха виргинская	0,617	0,486		-0,368	
1	Клен татарский	0,483	0,720		0,116	
1	Боярышник алтайский	0,680	0,278		-0,561	
1	Клен Семенова	0,960			-	
	Средние по группе	0,527±	0,1288	0,338±	0,2185	-0,157±
						0,1559

1.	2.	3.	4.	5.
П	Береза повислая	0,334	0,093	-0,943
П	Сирень обыкновенная	0,964	0,193	0,576
П	Карагана древовидная	-0,137	0,417	-0,883
П	Жимолость татарская	0,861	0,750	0,061
П	Жестер слабительный	-0,618	-0,623	0,536
	Средние по группе	0,281±0,2985	0,166±0,2268	-0,118±0,3316
Ш	Дуб черешчатый	-0,028	0,220	-
Ш	Барбарис обыкновенный	-0,922	0,591	-0,223
Ш	Бирючина обыкновенная	0,151	0,827	0,730
Ш	Вишня войлочная	0,967	0,108	-0,475
Ш	Ясень ланцетный	0,523	0,872	-0,028
Ш	Клен яснелистный	0,737	0,905	-0,009
	Средние по группе	0,237±0,2760	0,587±0,1419	-0,001±0,2008
1У	Пузыреплодник калинолистный	0,540	0,749	-0,011
1У	Виноград прибрежный	-0,604	0,831	0,890
1У	Аморфа хустарицкая	0,437	0,363	0,712
1У	Таволга сероватая	0,824	-	-
	Средние по группе	0,299±0,3120	0,648±0,1445	0,530±0,2758

что согласованность с длительностью теплого (выше $+10^{\circ}\text{C}$) периода в году у зимостойких растений проявляется в вегетативной сфере развития, а у незимостойких — в генеративной.

Следует отметить, что лишь в Лениногорске рост побегов и развитие плодов растений завершаются после осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$. В остальных же пунктах окончание этих биологических процессов опережает осенний рубеж $+10^{\circ}\text{C}$. Отставая во времени от завершения биологических процессов, климатический рубеж не может быть прямым обуславливающим фактором по отношению к завершению роста побегов и развития плодов. В этом случае и длительность периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ не является прямым действующим фактором, определяющим длительность роста побегов и развития плодов. Закономерен вопрос, чем определяется согласованность между длительностью в году условного теплого периода и этими биологическими процессами.

Как видно из табл. 5.5, весенний переход среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ является прямым действующим фактором или тесно связанным с таковым относительно начала вегетации растений. Осенний же переход температуры через $+10^{\circ}\text{C}$, как отмечалось, прямым действием не характеризуется, но фиксирует определенный промежуток времени, оставшийся до предстоящих зимних стрессовых воздействий на растения. Как отмечал П.К.Анохин (1978), ни одно растение не могло существовать, если бы оно реагировало только на наличествующие факторы среды, т.е. только на то, что действует в данный момент, и не реагировало по принципу опережающего отражения. Опережающее отражение действительности — формирование подготовительных изменений для будущих событий, предполагающее формирование определенной связи у объекта отражения. Такая временная связь формируется у растений в ходе филогенеза и онтогенеза в условиях длительного повторения фактора, существенного для их жизнедеятельности. На основе сказанного осенний переход

Таблица 5.5. Отклонения сроков начала вегетации растений в Лениногорске от даты весеннего перехода среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ и коэффициенты корреляции дат начала вегетации с датами весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5$ и $+10^{\circ}\text{C}$, 1988 г.

Группа	Вид	Отклонения даты начала вегетации от весеннего прогрева воздуха $+10^{\circ}\text{C}$	Корреляция начала вегетации с весенним переходом температуры	
			через $+5^{\circ}\text{C}$	через $+10^{\circ}\text{C}$
II	Бяз гладкий	+3	0,703	0,772
II	Смородина золотистая	-4	0,921	0,707
II	Миндаль низкий	-1	0,839	1,000
II	Черемуха виргинская	+3	0,925	0,847
II	Клен татарский	+3	0,528	0,889
	Средние по группе	$0,8 \pm 1,43$	$0,738 \pm 0,75$	$0,843 \pm 0,50$
III	Береза повислая	-4	0,647	0,946
III	Карагана древовидная	+3	0,860	1,000
III	Жимолость татарская	-4	0,632	0,934
III	Жестер слабительный	+3	0,929	0,983
	Средние по группе	$-0,5 \pm 2,02$	$0,767 \pm 0,075$	$0,966 \pm 0,0155$

1У	Дуб черешчатый	+10	0,894	0,343
1У	Барбарис обыкновенный	-4	0,983	0,429
1У	Бирючина обыкновенная	+3	0,874	0,996
1У	Ясень ланцетный	+3	0,751	0,653
1У	Клен ясенелистный	-4	0,877	0,887
	Средние по группе	1,6± 2,51	0,876± 0,0370	0,662± 0,1259
	Пузыреплодник калинолистный	+10	0,888	0,759
	Аморфа кустарниковая	+31	0,452	0,646
	Средние по группе	20,5	0,670	0,702

среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ по отношению к жизнедеятельности растений можно определить как фактор, рефлексирующий приближающиеся наступления зимних стрессов. Фактором такого же качества является и продолжительность периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$, условно определяемая как потенциальная продолжительность вегетации среднетеплолюбивых растений (Шульц, 1981).

Содержанием этого фактора является срок, за который растения должны осуществить цикл сезонного развития, чтобы быть достаточно устойчивыми к предстоящим зимним стрессам. Хотя отсчет времени потенциальной продолжительности вегетации растений идет в весенне-летний-осенний период, этот параметр рефлексирует предстоящие зимние условия.

Раскрытие экологического содержания длительности периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ позволяет конкретизировать представление о разнокачественной зависимости от метеорологического режима зимостойких и незимостойких растений. У зимостойких растений (1 группа) с предстоящими зимними условиями сильнее согласуются процессы роста побегов. У незимостойких растений такое согласование слабое, но выражена зависимость от предстоящих условий перезимовки длительности развития плодов. Описанные зависимости носят не прямой, а рефлексорный характер.

Как уже отмечалось, критерием адаптивности растений являются не только длительности процессов в ритме сезонного развития, но и степень запаздывания их начала по отношению к динамике погодных условий. Зимостойкость растений тем выше, чем меньше запаздывание начала роста и цветения от прогрева воздуха до условно "пускового" уровня (таблицы 5.6, 5.7). Следует отметить, что средние по группам сроки запаздывания можно рассматривать только как относительные характеристики вследствие специфичности влияния на сезонную динамику растений совокупности экологических условий конкретных пунктов интродукции. Для того, чтобы охарактеризовать тот или иной вид, необходимо ука-

зывать запаздывание его процессов по отношению к динамике погодных условий конкретного пункта интродукции.

Выявленные взаимосвязи между экологической пластичностью растений и особенностями сезонного развития их генеративной сферы обуславливают интерес к вопросам плодоношения в связи с принадлежностью растений к различным экологическим группам.

Средние баллы плодоношения растений в пунктах интродукции АН Республики Казахстан приведены в табл. 5.8. При обобщении средних по группам данные Лениногорска и Актау не учитывались, так как в этих пунктах все рассматриваемые растения претерпевают повреждения. По принятой нами экологической классификации растения 1 группы нигде, кроме Лениногорска и Актау, не повреждаются, а растения остальных групп имеют повреждения в промежуточных пунктах. В качестве гипотезы можно было бы предположить, что в связи с отсутствием повреждений растения 1 группы будут характеризоваться максимальным обилием плодоношения. Однако результаты исследований опровергают эту гипотезу. Обилие плодоношения увеличивается от 1 к 1У группе, причем различие уровней плодоношения 1 и П групп с 1У статистически достоверно (0,05). На первый взгляд наблюдается парадоксальная зависимость, когда максимальной адаптированности соответствует минимальное плодоношение.

Результаты приведенных нами исследований позволяют осуществить предварительную типизацию лиственных растений по степени их экологической пластичности в Казахстане и выделить свойства организмов, определяющие тот или иной ее уровень.

Растения с оптимальной амплитудой экологической пластичности, достаточной для широкозональной интродукции в Казахстане, характеризуются следующими свойствами:

- 1) максимальная продолжительность периода роста побегов в условиях, аналогичных Актау, не более 116 дней (верхняя граница доверительного интервала уровня значимости 0,05 при средней, равной $99 \pm 8,0$);
- 2) амплитуда экологической изменчивости продолжительности роста побегов

Т а б л и ц а 5.6. Отставание сроков начала роста побегов растений от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через +1,0°С в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1988 г.

Группа	Вид	Пункты интродукции						Средние по группе
		Ленино-горск	Кара-ганда	Джез-казган	Бака-нас	Алма-Ата	Актау	
1	Бяз гладкий	9	1	3	8	11	-13	
1	Смородина золотистая	2	-1	0	3	2	-1	
1	Сирень венгерская	9	1	9	-	10	-5	
1	Миндаль низкий	2	6	3	1	4	-	
1	Черемуха виргинская	5	-19	3	-	10	-5	
1	Клен татарский	35	1	3	16	9	3	
1	Боярышник алтайский	2	-	3	-	-	-	
1	Клен Семенова	9	6	3	-	-	-	
	Средние по пунктам	9,1	-1,6	4,1	7,0	7,3	-4,2	3,6
П	Береза повислая	9	-6	3	11	14	-	
П	Сирень обыкновенная	9	-6	3	3	7	-7	
П	Карагана древовидная	16	-1	9	-2	13	-	
П	Жимолость татарская	-5	1	3	0	4	-1	
П	Жестер слабительный	4	1	-2	11	10	-	
	Средние по пунктам	6,6	-2,2	3,2	4,6	9,6	-4,0	4,0

Т а б л и ц а 5.7. Отставание сроков начала цветения растений от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через +10⁰С в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1988 г. ,

Группа	Вид	Пункты интродукции					Средние по группе
		Лениногорск	Караганда	Джезказган	Баканас	Алматы	
1	Вяз гладкий	2	-9	0	14	2	-8
1	Смородина золотистая	26	6	9	21	21	5
1	Сирень венгерская	44	28	36	-	41	15
1	Миндаль низкий	-	-5	4	23	20	-
1	Черемуха виргинская	33	14	21	-	32	20
1	Клен татарский	44	27	25	39	34	19
1	Боярышник алтайский	30	37	25	-	-	-
	Средние по пунктам	25,6	14,0	17,1	24,2	25,0	10,2
П	Береза повислая	5	0	-	15	15	-
П	Сирень обыкновенная	37	25	21	18	25	11
П	Карагана древовидная	35	9	21	18	20	-
П	Жимолость татарская	37	22	21	23	23	5
П	Жестер слабительный	37	30	25	28	33	-
	Средние по пунктам	30,2	17,2	22	20,4	23,5	8
							20,2

Т а б л и ц а 5.8. Средние баллы плодородия растений в пунктах интродукции
АН Республики Казахстан, 1988 г.

Группа	Вид	Пункты интродукции						Средние по группе
		Ленино-горск	Караганда	Джезказган	Баканас	Алма-Ата	Актау	
1	Смородина золотистая	3,50	1,50	2,50	2,75	5,00	3,00	
1	Сирень венгерская	4,75	3,75	3,50	3,75	5,00	0,00	
1	Миндаль низкий	1,00	4,00	4,00	3,50	0,00	0,00	
1	Черемуха виргинская	1,50	0,00	2,50	-	4,50	1,75	
1	Клен татарский	3,50	3,00	1,50	3,75	2,50	3,50	
1	Боярышник алтайский	3,75	4,00	4,50	1,50	3,50	2,25	
1	Клен Семенова	3,00	1,00	0,50	-	3,50	-	
	Средние по пунктам	3,00	2,46	2,71	2,85	3,43	1,75	2,86+ 0,206
П	Береза повислая	4,00	3,00	4,50	2,75	2,75	4,50	
П	Сирень обыкновенная	2,50	-	2,75	4,50	4,50	-	
П	Карагана древовидная	4,00	1,50	2,25	2,75	1,50	2,00	
П	Жимолость татарская	3,50	4,00	4,25	3,50	1,50	3,50	
П	Жестер слабительный	4,00	4,25	2,25	3,75	5,00	3,25	
	Средние по пунктам	3,60	3,19	3,20	3,45	3,05	3,31	3,22+ 0,083

Ш	Дуб черешчатый	2,00	0,50	0,00	1,00	5,00	0,00
Ш	Барбарис обыкновенный	4,50	3,25	5,00	3,50	4,50	4,25
Ш	Бирючина обыкновенная	0,00	2,50	0,50	-	3,50	4,00
Ш	Ясень ланцетный	3,50	4,50	3,50	4,00	4,00	3,00
Ш	Клен ясенелистный	3,50	4,25	3,50	5,00	4,00	3,75
	Средние по пунктам	3,40	3,00	2,50	3,37	4,20	3,00
1У	Пузыреплодник калино- лиственный	4,50	4,50	5,00	3,00	5,00	3,00
1У	Аморфа кустарниковая	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	2,50
	Средние по пунктам	2,75	3,75	4,00	3,50	5,00	2,75
							4,06± 0,329

в климатическом ряду от Актау до Лениногорска $58 \pm 7,1\%$ от максимальной длительности роста побегов при соответствии минимального значения Лениногорску, а максимального — Актау; 3) отставание сроков начала роста от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ не более чем на 9 сут в Лениногорске и опережение началом роста в Актау аналогичного прогрева воздуха не менее чем на 1 день; 4) значительная корреляция длительности роста побегов с продолжительностью в году теплого периода от весеннего до осеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ (уровни коэффициентов корреляции $0,5-0,7$); 5) умеренная корреляция экологической изменчивости длительности роста побегов и развития плодов от начала цветения до созревания (уровни коэффициентов корреляции $0,3-0,5$); 6) слабая корреляция между длительностью развития плодов и продолжительностью в году теплого периода (уровни коэффициентов корреляции менее $0,3$); 7) максимальная длительность периода от начала цветения до созревания плодов не более 136 дней (верхняя граница доверительного интервала уровня значимости $0,05$ при средней $103 \pm 13,3$); 8) отставание сроков начала цветения от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ не более чем на 20 сут в Актау и на 45 — в Лениногорске.

Отклонения от указанных параметров свидетельствуют в той или иной степени об ограниченности экологической пластичности растений (рис. 5.1). На рисунке отображены соотношения 11 характеристик сезонного развития и плодоношения четырех экологических групп, выявленных для лиственных древесных растений. Каждой характеристике соответствует ось-радиус, которой присвоен определенный номер: 1 — связь длительности роста побегов с длительностью теплого ($+10^{\circ}\text{C}$ среднесуточные) периода в году (коэффициент корреляции); 2 — амплитуда экологической изменчивости длительности роста побегов (выраженное в процентах частное от деления разницы максимальной и минимальной длительности роста, обнаруженных в пунктах интродукции АН Казахстана, на максимальную длительность

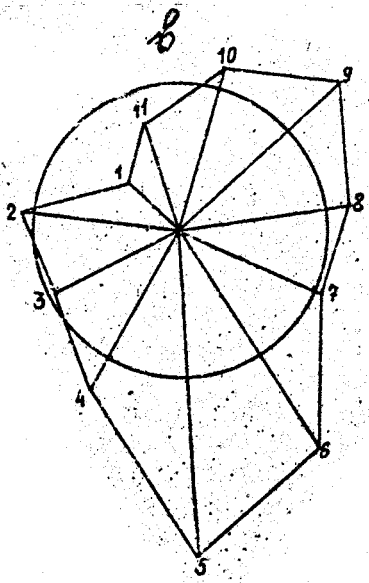
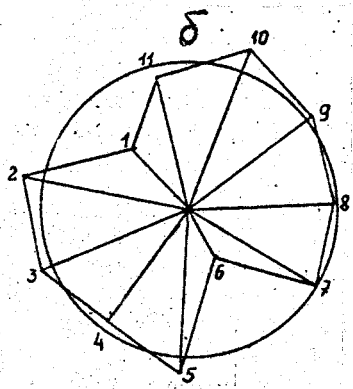
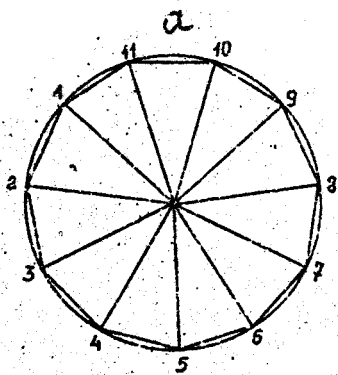
роста); 3 - отношение длительности роста побегов в наименее благоприятных условиях перезимовки (Лениногорск) к максимальной; 4 - максимальная продолжительность роста побегов; 5 - запаздывание сроков начала роста побегов относительно весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$; 6 - связь длительности развития плодов с длительностью теплого периода (коэффициент корреляции); 7 - запаздывание сроков начала цветения относительно весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$; 8 - связь экологической изменчивости длительности роста побегов и развития плодов (коэффициент корреляции); 9 - максимальная длительность развития плодов; 10 - обилие плодоношения; 11 - отношение длительности развития плодов в наименее благоприятных условиях перезимовки (Лениногорск) к максимальной. Все параметры берутся на уровне средних по выделенным группам растений.

В графическом масштабе уровень каждой из этих характеристик у растений 1 группы (оптимальная экологическая пластичность) принят за радиус круга (см. рис. 5.1, а). Каждая данная характеристика у растений других групп соотнесена с аналогичной 1 группы и отложена на графике соответственно избранному масштабу, при котором уровень характеристики у растений 1 группы равен радиусу круга.

Ниже описаны отклонения растений П-1У групп от характеристик растений 1 группы, экологическая пластичность представителей которой оптимальна для широкозональной интродукции в Казахстане.

П экологическая группа (см. рис. 5.1, б): снижение связи длительности роста побегов и развития плодов с потенциальной продолжительностью периода вегетации.

Ш экологическая группа (см. рис. 5.1, в): снижение связи длительности роста побегов с потенциальной продолжительностью периода вегетации с параллельным увеличением такой зависимости для длительности процессов развития плодов; запаздывание начала роста побегов и увеличение длительности роста; увеличение длительности развития пло-



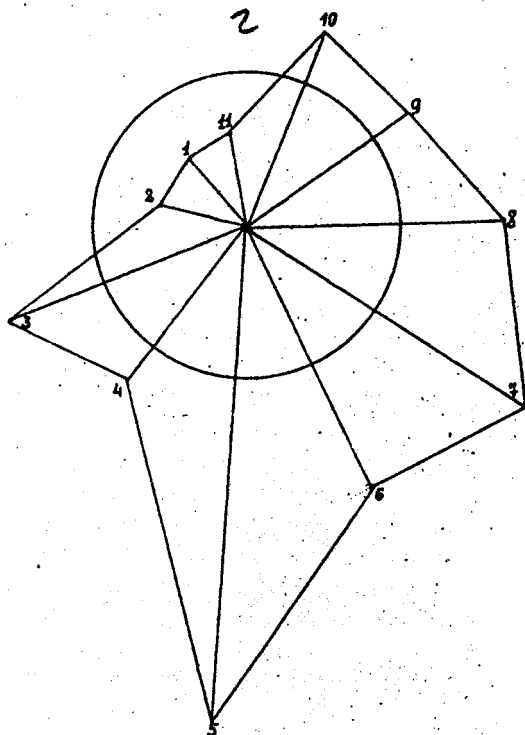


Рис. 5.1. Соотношения свойств растений, соответствующих различным уровням экологической пластичности в условиях Казахстана: а - 1 группа экологической пластичности; б - П; в - Ш; г - 1У. Описание см. в тексте

дов с параллельным увеличением экологической изменчивости длительности этого процесса.

1У экологическая группа (см. рис. 5.1,г): те же отклонения от параметров растений с оптимальной экологической пластичностью, что и у растений Ш группы; снижение амплитуды экологической изменчивости длительности роста побе-

гов; нарушение пропорциональности длительности роста побегов потенциальной длительности вегетации в крайних точках экологического спектра; запаздывание сроков начала цветения; рост обилия плодоношения.

Анализ выявленных различий 1-1У групп растений позволяет сформулировать несколько положений, предворя которые, следует напомнить, что растения П группы отличаются от оптимальных пониженным уровнем засухоустойчивости, а растения Ш группы — пониженным уровнем зимостойкости. Недостаточная экологическая пластичность растений 1У группы обуславливается пониженным уровнем как зимостойкости, так и засухоустойчивости.

Показатели сезонного развития растений П группы практически не отличаются от оптимальных. У этих растений нарушены лишь взаимосвязи процессов с потенциальной продолжительностью периода вегетации. Как было показано при обсуждении корреляционных связей, потенциальная продолжительность периода вегетации отражает предстоящие зимние условия. Так что у растений П группы нарушена ориентация развития на условия перезимовки. Причиной тому, вероятно, является более резкое влияние на растения летних экологических стрессов, которые определяют наряду с эндогенной динамикой длительность изучавшихся нами процессов. Снижение засухоустойчивости растений П группы не определяется особенностями их сезонного развития. Причины ослабленной засухоустойчивости лежат вне сферы наших исследований.

Отличия устойчивости растений Ш и 1У групп обусловлены градациями отклонений свойств растений от экологически оптимальных для Казахстана (см. рис. 5.1, в, г и табл. 5.9). Этот ряд характеризуется накоплением деструктивных по отношению к устойчивости и пластичности изменений в вегетативной сфере жизнедеятельности растений. Запаздывание сроков начала роста побегов и увеличение длительности роста обуславливают продвижение этого процесса во времени от весеннего, наиболее благоприятного, к летне-осеннему периоду. Известно (Александрова, 1975), что в период активного роста растений их устойчивость к летним

экологическим стрессам понижается. Следствие этого – пониженная засухоустойчивость растений 1У группы, характеризующихся наиболее продолжительным ростом побегов. Вместе с тем продление ростовой активности к осеннему периоду сокращает время, отведенное климатической динамикой на вхождение в состояние покоя, необходимое для формирования морозостойкости растений (Туманов, 1974). Снижению уровня зимостойкости растений способствует также ослабление связи между длительностью роста побегов и потенциальной длительностью вегетации. Аналогично влияют на снижение устойчивости запаздывание начала цветения и увеличение продолжительности развития плодов.

Обсужденные выше отклонения параметров сезонного развития обуславливают понижение зимо- и засухоустойчивости индивидуального организма и реализуются на организменном уровне.

Проведенное обсуждение позволяет конкретизировать содержательную сторону ранее данных определений П-1У группам растений:

П группа – растения, ограниченно пластичные по засухоустойчивости вне связи с особенностями сезонного развития; Ш – растения, ограниченно пластичные по зимостойкости в связи с особенностями сезонного развития и 1У – растения, ограниченно пластичные по зимо- и засухоустойчивости в связи с особенностями сезонного развития.

В ряду растений оптимально пластичных – ограниченно пластичных по зимостойкости – ограниченно пластичных по зимо- и засухоустойчивости в условиях Казахстана обращает на себя внимание обратно пропорциональная зависимость распределения свойств экологической пластичности и репродукционной продуктивности (см. табл. 5.9). Если экологическая пластичность от 1 группы к 1У снижается, то потенциальная репродукционная продуктивность увеличивается. Деструктивные отклонения параметров генеративной сферы (увеличение длительности развития плодов, запаздывание сроков начала цветения) негативны, скорее, не по отношению к репродукционной, а по отношению к вегетативной сфере, снижая ее устойчивость к стрессовым воздействиям. Наблю-

Т а б л и ц а 5.9. Градации уровней экологической пластичности растений и соответствующие им качественные отклонения от параметров оптимально-пластичных растений

Экологическая группа	Характер отклонения экологической пластичности от оптимальной	Отклонение от параметров оптимально-пластичных растений	
		Вегетативная сфера	Генеративная сфера
		Потенциальные следствия отклонений	Потенциальные следствия отклонений
		деструктивные	стабилизирующие

III	Снижение зимостойкости	Снижение связи длительности роста побегов с потенциальной длительностью вегетации	Увеличение длительности развития плодов	Повышение связи длительности развития плодов с потенциальной длительностью периода вегетации
	Запаздывание начала роста побегов	Увеличение длительности развития плодов	Увеличение экологической изменчивости длительности развития плодов	
	Увеличение длительности роста побегов			

даемое же у менее пластичных растений повышение связи длительности развития плодов с потенциальной длительностью периода вегетации, увеличение экологической изменчивости длительности развития плодов, рост обилия плодоношения — прямые пути к повышению репродукционной продуктивности.

Чтобы объяснить эти на первый взгляд противоречивые явления, обратимся к понятию биотического потенциала (Chapman, 1928). Биотический потенциал — врожденное свойство организма к размножению и выживанию, т.е. к увеличению численности, своего рода алгебраическая сумма особей, производимых за каждый цикл размножения, числа циклов размножения за данный период времени и способности организма выжить при данных физических условиях. На путях обретения понятием биотического потенциала однозначной интерпретации и математического аппарата его содержание было редуцировано (Одум, 1986). В настоящее время вслед за Л.Бирчем (Birch, 1948) под биотическим потенциалом понимают лишь способность организмов (популяций, видов) к увеличению численности в отсутствие лимитирующих факторов среды (Быков, 1983, 1988; Биологический энциклопедический словарь, 1986 и др.).

Изменение первоначального содержания биотического потенциала, сформулированного Р.Чепменом, значительно прибавило конкретности, но в той же мере и редуцировало его сущность. Поэтому предприняты попытки возродить изначальное содержание биотического потенциала. Таким "ренессансом" является жизненный потенциал Н.П.Кренке (1940), поддерживаемый и развиваемый рядом ученых (Глинка, 1953; Дубровицкая, Кренке, 1953; Зайцев, 1983). По представлениям Г.Н.Зайцева за жизненный потенциал растения можно принять совокупность способностей или видовых признаков, приобретенных растением в ходе эволюции; эта совокупность включает способность достигнуть определенного объема и качества вегетативной массы, а также дать определенное количество потомства и прожить определенное время. Потенциал жизнеспособности видоспецифичен и его распределение между тремя основными составляющими

в ходе онтогенеза зависит не только от внутренних условий, но и от влияния внешней среды.

Сопоставление содержания понятий "биотический потенциал" Р.Чепмена (Chapman, 1928) и "жизненный потенциал" Г.Н.Зайцева (1983) показывает их большое сходство. Общую формулу понятий Р.Чепмена и Г.Н.Зайцева можно выразить так: "Сумма адаптивных и генеративных потенциалов индивидуума в определенном диапазоне условий внешней среды есть величина постоянная при переменных ее составляющих". В формулировке Р.Чепмена адаптивные потенциалы учитываются через способность организма выжить при определенных условиях среды, а в формулировке Г.Н.Зайцева — через устойчивость во времени, способность достичь определенного объема и качества биомассы. Генеративные потенциалы учитываются Р.Чепменом произведением числа потомства разовой генерации на число репродуктивных циклов. Г.Н.Зайцев непосредственно оперирует таким обобщающим произведением.

Раздвоение содержания понятия "биотический потенциал" в трактовках Р.Чепмена и Л.Бирча, однозначность понятий "биотический потенциал" Р.Чепмена и "жизненный потенциал" предполагают терминологическое уточнение. Исходя из исторической приоритетности под биотическим потенциалом следовало бы понимать взаимосвязи, установленные Р.Чепменом, и отказаться от дублирующего термина "жизненный потенциал". Однако, учитывая сложившуюся терминологию, более оправдано заменить термин Р.Чепмена термином Н.П.Кренке и обобщать обсуждаемые нами явления термином "жизненный потенциал", не забывая о приоритете Р.Чепмена.

В понятие "жизненный потенциал" раскрывается диалектика индивидуальной и видовой (популяционной) адаптаций, осуществляемых на уровне вегетативной и генеративной сфер растения. Системы семенного размножения в отличие от других систем растения тесно связаны с популяционно-генетическими процессами (характером, скоростью передачи, компоновкой и перераспределением передаваемой в ряду поколений генетической информации) и характеризуются особой

пространственной и функциональной организацией, направленной за пределы сугубо индивидуальных потребностей конкретных особей (Куприянов, 1989). К системам семенного размножения цветковых растений относятся такие сочетания механизмов, участвующих в образовании инициальных клеток зародышей, формировании семян и плодов, которые могут порознь или в комплексе друг с другом поддерживать существование популяций вида в достаточно большом ряду поколений.

Веgetативные и генеративные процессы растения, сопряженные с различными уровнями адаптационных процессов, находятся между собой в конкурентных отношениях. Ботаникам, физиологам растений, практикам растениеводства давно известно (Пашкевич, 1911; Софронов, 1912; Мичурин, 1948; Horstall, Heuberger, 1942), что повреждение вегетативной сферы вызывает усиление репродукции. Так, ослабление вегетативной сферы за счет умеренного лимитирования питательных веществ влечет за собой увеличение репродукции. Аналогичную реакцию вызывают умеренные повреждения вегетативной сферы болезнями и вредителями, искусственные обрезки кроны, корневой системы и др. Обильное плодоношение вызывает снижение показателей устойчивости вегетативной сферы (Декандоль, 1839; Гельфандбейн, 1958; Заец, 1958). Экспериментально доказана и обратная зависимость — ослабление генеративной сферы стимулирует развитие вегетативной сферы растений. Удаление генеративных органов приводит к усилению роста побегов (Murnbeck, 1926) и увеличению количества листьев и вегетативной массы растений (Leopold, Janick, 1959). Одним из важнейших аспектов противоборства вегетативных и генеративных процессов растения является конкуренция за энергетические и структурные ресурсы (Крамер, Козловский, 1963; Зайцев, 1983). Установлены гормональные взаимодействия между вегетативными и генеративными органами, на основании которых сформулирована теория баланса с частичным антагонизмом (Loomis, 1953).

Проведенный анализ литературных данных позволяет предложить еще одну рабочую формулировку понятия жизненного

потенциала. Жизненный потенциал – пул энергетических и структурных ресурсов растительного организма, состоящий из запасенных и синтезируемых веществ, детерминированный видовой специфичностью и условиями среды обитания, конкурентно распределяется между процессами индивидуальной (вегетативная сфера) и наиндивидуальной (генеративная сфера) адаптации.

С позиции теории жизненного потенциала установленные нами противоречия между экологической пластичностью вегетативных и генеративных свойств растений в ряду выделенных экологических групп закономерны. Кроме того, теория жизненного потенциала позволяет расширить представление об обнаруженном нами ряде групп экологической пластичности растений. Первая группа, у представителей которой вегетативные процессы наиболее стабильны в анализируемом экологическом спектре, ориентирована на индивидуальную адаптацию. К сфере индивидуальных адаптивных процессов, как отмечалось, следует отнести и умеренное плодоношение. Растения же 1У группы ориентированы на наиндивидуальную адаптацию. Здесь отмечаются как большее обилие плодоношения, так и большее соответствие градиентам экологического спектра генеративных нежели вегетативных процессов. Сам ряд групп экологической пластичности может рассматриваться как последовательность замещения приоритета индивидуальной адаптации наиндивидуальной. Выделенные группы экологической пластичности соответствуют грациям различной пропорциональности деления жизненного потенциала на нужды индивидуальной и наиндивидуальной адаптаций.

При такой интерпретации содержания выявленного ряда групп экологической пластичности правомерен вопрос о том, как можно рассматривать его в плане практических задач интродукции. Этот вопрос может быть переформулирован так: в потенциях какой адаптации – индивидуальной или наиндивидуальной более заинтересована практика растениеводства? Анализ, проведенный учеными США, показывает, что при культивировании основных сельскохозяйственных культур используется не более 5–8% их видового генетического раз-

нообразия. Из этих данных очевидна ориентированность современного растениеводства на индивидуальную, а не надиндивидуальную (видовую) адаптацию. Сама технология культивирования в значительной степени искажает естественные механизмы популяционной, видовой адаптации, предполагая в той или иной степени искусственное размножение растений. Степень такой искусственности варьирует от разрыва естественных биоценотических отношений в агрофитоценозах до полного искусственного размножения (вегетативное размножение, клонирование), исключающего генеративную сферу жизнедеятельности растений.

Следует отметить, что заориентированность растениеводства на приоритет индивидуальной адаптации неоднозначна. Обуславливая определенные прагматические преимущества (стандартность технологии и качества продукции), она ведет и к большим потерям. Именно игнорирование видовой адаптации, заужение генофонда культивируемых растений, определяемое ныне как генетическая эрозия, ведут к утере культивируемыми растениями устойчивости к неблагоприятным факторам абиотической среды, болезням и вредителям. Примером являются эпидемии грибковых, вирусных болезней, охватывающие обширные регионы планеты.

Поэтому безотносительное противопоставление индивидуальной и надиндивидуальной адаптабельности неправомерно. Приоритетность той или иной из них должна определяться задачами каждой конкретной растениеводческой деятельности. Если речь идет о формировании генетической основы той или иной отрасли растениеводства, предпочтителен приоритет видовой адаптации, ее обеспечения. Если же речь идет о зеленом строительстве, в котором самовозобновления насаждений не предполагается и научные разработки ориентированы на достаточно локальные территории, допустимо ориентироваться на приоритет индивидуальной адаптации.

Как уже отмечалось, экологической пластичности как обобщающего отвлеченного понятия нет. Экологической пластичностью может быть охарактеризовано то или иное свойство жизнедеятельности растения. Установленное нами противоречие между экологической пластичностью вегета-

Тивных и генеративных процессов растений подтверждает и расширяет это положение. Различия уровней экологической пластичности в пределах границ экологической толерантности биологической системы могут носить не только количественный, но и качественный характер. Под границами экологической толерантности биологической системы мы понимаем экологический спектр, в пределах которого отказы основных функций системы носят только фрагментарный, локальный, но не общий характер. Поясним это на примере. Частичное обмерзание побегов и ветвей не ведет к качественному изменению фотосинтетической функции растения, а лишь частично снижает ее количественные показатели. В этом смысле такие повреждения носят локальный характер. Напротив, обмерзание растения до корневой системы, при котором происходит слом всей ранее существовавшей фотосинтетической организации растения как системы побегов — это общий отказ системы. Такие отказы, возникшие в одной из сфер жизнедеятельности, обуславливают отказы в других сферах (отсутствие генеративного развития при значительном повреждении вегетативной сферы и др.).

Установленный нами ряд экологической пластичности и составляющие его группы растений были выделены на основании данных 1988 г. Однолетние данные не позволяют ответить на такие крайне важные в теоретическом и практическом планах вопросы, как, что является биологическим содержанием общности группы экологической пластичности и естественный или искусственный характер носит выделенный ряд групп растений.

Общность свойств растений в пределах группы данной экологической пластичности может обуславливаться, как минимум, тремя факторами: 1) константностью относящихся к группе таксономических единиц вне зависимости от константности параметров сезонного развития; 2) константностью относящихся к группе таксономических единиц и обусловленной ей константностью параметров сезонного развития растений; 3) константностью параметров сезонного развития вне зависимости от таксономического состава группы.

Ряд групп экологической пластичности строился нами интуитивно от минимальных повреждений к максимальным в рассматриваемом экологическом спектре. Интуитивность построения ряда заключается в том, что последовательность градаций уровней устойчивости (летние повреждения не только в Актау, зимние — не только в Лениногорске, летние — не только в Актау, зимние — не только в Лениногорске) не имеет под собой существенного концептуального обоснования. Что больше свидетельствует об утере вегетативной сферой растения приспособительности к среде обитания — летние или зимние повреждения? Мы предположили, что меньшей адаптированности соответствуют зимние повреждения. Так ли это? Сопоставление отклонений процессов жизнедеятельности растений от таковых у оптимально для Казахстана экологически пластичных свидетельствует в пользу правомерности нашего предположения. Однако это сопоставление не является окончательным доказательством естественности построенного ряда. Естественный ряд должен характеризоваться общностью сопряженных элементов и разобщенностью удаленных друг от друга элементов. Но пока у нас нет доказательств, что обнаруженные нами общности и разобщенности сами по себе не являются случайными.

Чтобы ответить на поставленные вопросы, были проведены исследования материалов фенологических наблюдений и оценки зимо- и засухоустойчивости растений в ботанических садах АН Республики Казахстан в 1989 г. Методически эти исследования были аналогичны таковым в 1988 г. Состав же объектов исследований был изменен.

Как отмечалось, одной из причин общности в пределах группы экологической пластичности растений может быть таксономическая константность — обусловленность сходных реакций на среду обитания сходными жизненными стратегиями нескольких видов. Чтобы проверить это предположение, наряду с ранее изученными видами (*Acer tataricum* L., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Ribes aureum* Pursh., *Syringa josikaeae* jacq. fill., *Lonicera tatarica* L., *Syringa vulgaris* L., *Berberis vulgaris* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Quercus ro-*

bur L., *Amorpha fruticosa* L., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Vitis riparia* Michx.) в объекты исследований были включены новые виды: *Syringa Komarovii* Schneid., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Chaenomeles Maulei* Schneid., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Robinia pseudacaci* L. Включение в объекты исследований новых видов должно было помочь ответить на вопрос: исчерпан ли материалами исследований 1988 г. потенциально возможный ряд групп экологической пластичности для Казахстана или подключение новых таксонов позволит выявить новые градации экологической пластичности. Виды, исследовавшиеся в 1988 г., были привлечены в исследования 1989 г. в качестве реперов установленных нами групп экологической пластичности. Важно было знать, сохраняет ли вид от года к году принадлежность к одной и той же группе экологической пластичности.

Характеристики зимо- и засухоустойчивости растений приведены в табл. 5.10. В соответствии с вышеописанной экологической классификацией в 1989 г. отмечены только 3 из 4-х установленных групп экологической пластичности. Не наблюдалось повреждений одного и того же вида зимними и летними стрессами (1У группа).

Первичные материалы и итоговые характеристики сезонного развития растений приведены в таблицах 5.11-5.15. В табл. 5.16 обобщены средние показатели и дисперсии параметров групп экологической пластичности в 1988 и 1989 гг., а также путем расчета критерия достоверности и его сопоставления со стандартным критерием Стьюдента (Лакин, 1983) проанализирована существенность различий между параметрами сезонного развития групп за эти годы. Из 28 осуществленных сопоставлений только в 3 различия между 1988 и 1989 гг. статистически существенны (I группа - максимальная продолжительность роста побегов; II - корреляция между длительностями роста побегов и развития плодов; III - связь длительности роста побегов с длительностью теплого периода). Это позволяет заключить, что параметры ритмики развития в пределах экологических групп весьма консервативны, причем на их стабильность не по-

Т а б л и ц а 5.10. Баллы зимо- (в числителе) и засухоустойчивости (в знаменателе) растений в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1989 г.

Группа	Бид	Пункты интродукции					
		Ленино-горск	Караганда	Джезказган	Баканас	Алма-Ата	Актау
1	Яблоня ягодная	2/5	-	1/5	-	1/5	1/4
1	Черемуха виргинская	3/5	1/5	1/5	-	1/5	1/4
1	Жимолость татарская	3/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
1	Клен татарский	4/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3
1	Сирень Комарова	4/5	-	1/5	-	1/5	1/4
П	Смородина золотистая	3/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5
П	Сирень обыкновенная	3/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/4
П	Барбарис обыкновенный	4/5	1/5	1/5	1/4,5	1/5	1/4
П	Ясень ланцетный	4/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/4
П	Сирень венгерская	3/4	1/4	1/5	1/4	1/5	1/4
П	Дуб черешчатый	1/5	1/4	1/5	1/4,5	1/5	1/4
Ш	Хеномелес Маулея	3/5	-	-	-	2/5	1/4
Ш	" японский	4/5	-	-	-	1/5	1/4
Ш	Робиния псевдоакация	4/5	2/5	-	-	1,5/5	1/4
Ш	Пузырешлодик калинолистный	4/5	2/5	2/5	1/5	1/5	1/3
Ш	Аморфа кустарниковая	3/5	2/5	2/5	1/5	1,5/5	1/4
Ш	Виноград прибрежный	6/5	2/5	3/5	1/5	1/5	1/5

влияти 30% изменения таксономического состава изучавшихся растений. Если к этому добавить, что из 12 изучавшихся в 1988 и 1989 гг. видов растений только 3 сохранили принадлежность к одной группе экологической пластичности, то становится очевидным, что содержанием общности свойств устойчивости растений в пределах данной группы является константность параметров сезонного развития вне зависимости от таксономического состава группы.

Данные, сведенные в табл. 5.16, позволяют решить еще один вопрос. Им является разработка путей идентификации принадлежности вида растений к той или иной группе экологической пластичности по параметрам динамики сезонного развития в рассматриваемом экологическом спектре. В таблицах 5.17–5.25 приведен анализ статистической достоверности отличий между параметрами сезонного развития групп экологической пластичности. Методические основы анализа те же, что и при сопоставлении достоверности отличий параметров за 1988 и 1989 гг.

Установлено (см. табл. 5.17), что по запаздыванию сроков начала цветения от весеннего перехода температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ растения 1У группы статистически значимо отличаются от таковых I и II групп. Такие же статистически достоверные отличия между представителями I, II и 1У групп имеют место по максимальной продолжительности роста побегов в экологическом спектре Лениногорск–Актау (см. табл. 5.18). По последнему показателю также имеются значимые отличия между растениями II и III групп. Растения I и 1У групп статистически достоверно различаются по отношению длительности роста побегов в Лениногорске к максимальной длительности, выявленной в данный сезон наблюдений в рассматриваемом экологическом спектре (см. табл. 5.19). 1У группа отличается также от II и III амплитудой экологической изменчивости длительности роста побегов в экологическом диапазоне Лениногорск–Актау (см. табл. 5.20). Градации между группами по остальным параметрам ритмики развития либо статистически незначительны, или достоверность их отличий не имеет стабильности во времени (см. таблицы 5.21–5.26).

Таблица 5.11. Длительность роста побегов растений

Группа	Вид	Пункты интро			
		Лениногорск	Караганда	Джезказган	Баканас
1	Яблоня ягодная	59	31	69	-
1	Черемуха виргинская	41	46	78	-
1	Жимолость татарская	40	59	74	-
1	Клен татарский	63	44	78	-
1	Сирень Комарова	49	-	97	-
II	Смородина золотистая	88	76	-	-
II	Сирень обыкновенная	51	38	83	-
II	Барбарис обыкновенный	112	62	104	-
II	Ясень ланцетный	49	40	62	-
II	Сирень венгерская	51	51	104	-
II	Дуб черешчатый	17	42	-	-
III	Хеномелес Маулея	-	-	-	-
III	" японский	-	-	-	-
III	Робиния псевдоакация	-	31	-	-
III	Пузыреплодник калинолистный	-	32	-	-
III	Аморфа кустарниковая	-	93	-	-
III	Виноград прибрежный	-	-	-	-

Обобщая проведенный анализ, можно сделать вывод о том, что на уровне статистических критериев достоверности отличий не установлено ни одного параметра, по которому можно было бы дифференцировать принадлежность растений к I или II группе экологической пластичности. Напротив, установлены возможности использования статистических критериев для выделения растений, относящихся к III и IV группам. С уровнем статистической достоверности 0,05

в пунктах интродукции АН Республики Казахстан, 1989 г.

дукции		Максимальная длительность роста побегов, сут	Амплитуда экологической пластичности длительности роста, %	Длительность роста в Лениногорске в % от максимальной
Алма-Ата	Актау			
43	83	83	63	71
30	75	78	62	53
49	79	74	46	54
47	61	78	44	81
73	97	97	49	51
77	98	98	22	90
93	79	93	59	55
62	91	112	45	100
10	78	78	87	63
74	75	104	51	49
31	77	77	78	22
125	76	125	-	-
120	61	120	-	-
56	129	129	76	-
142	126	142	77	-
113	124	124	25	-
118	-	118	-	-

можно ожидать, что вид, максимальная длительность роста побегов которого равна или превышает 113 дней в некоторых пунктах экологического ряда Караганда-Джезказган-Баканас-Алма-Ата, будет характеризоваться либо пониженной зимостойкостью, или ослабленными зимо- и засухоустойчивостью. Намечены возможности дифференциации растений Ш и 1У групп путем сопоставления амплитуды экологической изменчивости длительности роста побегов. Так как

Т а б л и ц а 5.12. Длительность развития репродуктивных в пунктах интродукции

Группа	Вид	Пункты		
		Лениногорск	Караганда	Джезказган
1	Яблоня ягодная	128	95	-
1	Черемуха виргинская	86	60	74
1	Жимолость татарская	37	52	-
1	Клен татарский	151	63	92
1	Сирень Комарова	108	-	-
П	Смородина золотистая	51	60	96
П	Сирень обыкновенная	-	-	-
П	Барбарис обыкновенный	126	-	-
П	Ясень ланцетный	132	-	-
П	Сирень венгерская	93	-	-
П	Дуб черешчатый	109	-	-
Ш	Хеномелес Маудлея	125	81	-
Ш	" японский	127	73	-
Ш	Робиния псевдоакация	-	117	-
Ш	Пузыреплодник калинолистный	71	-	84
Ш	Аморфа кустарниковая	-	59	-
Ш	Виноград прибрежный	-	112	84

1 У группа экологической пластичности наблюдалась только в течение одного года, ставить вопрос о количественных критериях этих отличий пока преждевременно.

Существенный интерес представляет сопоставление принадлежности растений к группам экологической пластичности в 1988 и 1989 гг. Как уже отмечалось, в 1989 г. исследовалось 12 видов-реперов, прошедших апробацию на эколо-

органов (от начала цветения до созревания плодов)
АН Республики Казахстан, 1989 г.

интродукции			Максимальная длительность развития плодов, сут	Амплитуда экологической пластичности развития, %	Длительность развития в Лениногорске в % от максимальной
Баканас	Алма-Ата	Актау			
-	137	134	137	31	93
-	56	85	60	30	100
33	54	74	74	55	50
98	127	112	151	58	100
-	93	-	108	-	100
71	94	73	96	47	53
117	126	-	126	-	-
87	93	153	153	43	82
136	146	175	175	25	75
105	95	58	105	45	89
130	93	-	130	28	84
-	143	-	147	45	85
-	136	-	136	46	93
-	114	148	148	21	-
95	84	100	100	29	71
-	122	136	136	57	-
85	93	129	129	35	-

гическую пластичность в 1988 г. Как оказалось, из них только 3 вида (25%) принадлежали к одной и той же группе экологической пластичности в 1988 и 1989 гг. (табл. 5.27). Три вида (пузыреплодник калинолистный, виноград прибрежный, аморфа кустарниковая), характеризовавшиеся в 1988 г. пониженными зимо- и засухоустойчивостью, в 1989 г. перенесли повреждения только от зимних стрессов. Такое изменение параметров устойчивости соответствует переходу

Т а б л и ц а 5.13. Запаздывание сроков начала роста побегов растений от весеннего перепада среднесуточной температуры воздуха через +10°C, 1989 г.

Группа	Вид	Пункты интродукции				Среднее запаздывание по группе, сут		
		Лениногорск	Караганда	Джезказган	Баян-Ауыл			
1	Яблоня ягодная	- 9	18	8	-	33	3	10,6
1	Черемуха виргинская	14	14	8	-	14	-1	9,8
1	Жимолость татарская	8	6	3	-10	1	-1	0,2
1	Клен татарский	- 8	14	8	5	15	5	5,5
1	Сирень Комарова	-12	-	8	-	21	6	5,7
П	Смородина золотистая	-16	14	8	-9	8	-1	0,7
П	Сирень обыкновенная	-10	11	8	-5	0	-5	0,2
П	Барбарис обыкновенный	- 8	11	8	0	22	-5	4,7
П	Ясень ланцетный	8	14	24	21	36	-3	16,7
П	Сирень венгерская	-10	13	8	-5	9	-1	3,2
П	Дуб черешчатый	5	18	15	19	30	-5	13,7
Ш	Хеномелес Маулея	-13	14	-	-	35	6	10,5
Ш	" японский	-13	18	-	-	35	5	11,2
Ш	Робиния псевдоакация	7	18	-	-	21	6	13,0
Ш	Пузыреплодник калинолистный	- 8	11	3	5	22	9	7,0
Ш	Аморфа кустарниковая	7	26	27	0	28	9	16,2
Ш	Виноград прибрежный	3	14	-	23	5	5	10,0
								11,3

Т а б л и ц а 5.14. Запаздывание сроков начала цветения растений от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через +10°С, 1989 г.

Группа	Вид	Пункты интродукции					Среднее запаздывание по группе, сут	
		Лениногорск	Караганда	Джезказган	Баканас	Алма-Ата		Актау
1	Яблоня ягодная	15	18	-	-	23	3	14,7
1	Черемуха виргинская	21	21	25	-	23	11	20,0
1	Жимолость татарская	22	26	38	42	33	9	28,3
1	Клен татарский	31	39	28	22	5	13	22,8
1	Сирень Комарова	34	-	34	-	41	-	36,3
П	Смородина золотистая	11	14	15	21	22	2	14,2
П	Сирень обыкновенная	20	26	24	25	34	-	25,4
П	Барбарис обыкновенный	21	31	24	23	39	11	24,8
П	Ясень ланцетный	7	11	-	26	13	-5	10,4
П	Сирень венгерская	34	39	38	29	44	25	34,8
П	Дуб черешчатый	30	-	-	25	37	-	30,7
Ш	Хеномелес Мауля	17	32	-	-	23	5	19,2
Ш	" ятонский	17	36	-	-	22	-	25,0
Ш	Робиния псевдоакация	-	36	-	-	61	24	40,3
Ш	Пузыреплодник калинолистный	43	37	42	46	49	31	41,3
Ш	Аморфа кустарниковая	-	43	48	-	61	34	46,5
Ш	Виноград прибрежный	-	39	42	32	46	34	38,6
								35,1

Т а б л и ц а 5.15. Корреляционный анализ параметров феноритмики растений, 1989 г.

Группа	Вид	Коэффициент корреляции между		
		длительно- стью рос- та побегов и теплого периода в году	длитель- ностью развития плодов и теплого периода в году	длительно- стью рос- та побе- гов и раз- вития плодов
1	Яблоня ягодная	0,413	0,505	0,638
1	Черемуха виргинская	0,005	0,122	0,522
1	Жимолость татарская	0,623	0,513	0,951
1	Клен татарский	-0,052	-0,110	0,177
1	Сирень Комарова	0,741	-	-
	Средние по группе	0,346	0,257	0,572
П	Смородина золотистая	0,318	0,573	-0,208
П	Сирень обыкновенная	0,765	-	-
П	Барбарис обыкновен- ный	-0,330	-0,043	0,624
П	Ясень ланцетный	-0,115	0,680	0,595
П	Сирень венгерская	0,503	-0,363	-0,489
П	Дуб черешчатый	0,747	0,078	-
	Средние по группе	0,353	0,185	0,130
Ш	Хеномелес Маулея	-	0,495	-
Ш	" японский	-	0,311	-
Ш	Робиния псевдоакация	0,857	0,645	0,947
Ш	Пузыреплодник калинолистный	0,923	0,917	-
Щ	Аморфа кустарни- ковая	0,995	0,996	0,982
Ш	Виноград прибрежный	-	0,195	-
	Средние по группе	0,925	0,593	0,964

Т а б л и ц а 5.16. Сопоставление параметров сезонного развития растений в 1988 и 1989 гг.

Группа	Год наблюдений	Параметры	Связь длительности роста побегов с длительностью текущего периода		Амплитуда экологической изменчивости длительности роста, %	Отношение длительности роста в Ленингорске к максимальной, %	Максимальная продолжительность роста побегов, сут
			4	5			
I	1988	Средние	0,572	62	52	111	
		Дисперсии	0,0124	374,5	990,2	156,5	
	1989	Средние	0,346	53	62	82	
		Дисперсии	0,1280	81,7	163,0	80,5	
Достоверность между годами		отличий	-	-	-	0,01	
II	1988	Средние	0,385	69	47	96	
		Дисперсии	0,5235	46,3	810,0	65,0	
	1989	Средние	0,353	57	63	94	
		Дисперсии	0,1744	550,0	807,8	197,2	
Достоверность между годами		отличий	-	-	-	-	
III	1988	Средние	0,237	64	45	123	
		Дисперсии	0,4571	130,8	846,2	374,4	
	1989	Средние	0,925	59	-	126	
		Дисперсии	0,0099	884,5	-	74,0	
Достоверность между годами		отличий	0,05	-	-	-	
IV	1988	Средние	0,124	37	90	136	
		Дисперсии	0,4005	129,0	280,5	72,5	

Группа	Год наблюдений	Параметры	Запаздывание начала роста от весеннего периода +100С, сут	Связь длительности развития плодов с длительностью периода	Запаздывание начала цветения от весеннего периода +100С, сут	Корреляция между длительностью роста побегов и длительностью плодов
1	2	3	8	9	10	11
I	1988	Средние	3,4	0,127	20,6	-0,076
		Дисперсии	24,3	0,4414	181,5	0,1334
	1989	Средние	6,4	0,257	24,4	0,572
		Дисперсии	17,2	0,0933	73,3	0,1022
Достоверность отличий между годами						
II	1988	Средние	-	-	-	0,05
		Дисперсии	3,2	0,103	21,0	0,057
	1989	Средние	68,6	0,3180	82,4	0,4996
		Дисперсии	6,5	0,185	23,4	0,130
Достоверность отличий между годами						
III	1988	Средние	-	-	-	-0,001
		Дисперсии	7,6	0,587	22,6	0,2016
	1989	Средние	25,2	0,1208	296,2	0,964
		Дисперсии	11,3	0,593	35,1	-
Достоверность отличий между годами						
IV	1988	Средние	9,5	0,1035	112,5	-
		Дисперсии	-	-	-	-
Достоверность отличий между годами						
V	1988	Средние	12,0	0,648	42,1	0,530
		Дисперсии	44,3	0,0628	54,7	0,2282

Окончание табл. 5.16

Группа	Год наблюдений	Параметры	Максимальная длительность развития плодов, сут	Отношение длительности развития плодов в Ленингорске к максимальной, %	Корреляция между амплитудами экологической изменчивости вегетативных и генеративных процессов
1	2	3	12	13	14
1	1988	Средние	95	88	0,281
		Дисперсии	1550,2	198,0	-
	1989	Средние	111	89	-0,999
		Дисперсии	1069,7	475,0	-
Достоверность отличий между годами					
II	1988	Средние	-	-	-
		Дисперсии	113	85	-0,067
	1989	Средние	1098,7	366,7	-
		Дисперсии	131	77	-0,944
		Дисперсии	1541,4	199,5	-
Достоверность отличий между годами					
III	1988	Средние	152	68	0,095
		Дисперсии	240,0	302,5	-
	1989	Средние	133	83	-0,974
		Дисперсии	308,8	124,0	-
Достоверность отличий между годами					
IV	1988	Средние	136	54	1,000
		Дисперсии	420,5	-	-

Т а б л и ц а 5.17. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений по запаздыванию начала цветения от весеннего перехода температуры воздуха через +10°C

Группа	Год	Группы														
		I				II				III				IV		
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность
I	1988	0,05	2,36	-	0,20	2,31	-	2,49	2,45	0,05						
	1989	0,18	2,26	-	1,81	2,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	1988	-	-	-	0,17	2,36	-	3,27	2,57	0,05						
	1989	-	-	-	0,79	2,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	1988	-	-	-	-	-	-	1,82	2,45	-						
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Т а б л и ц а 5.18. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений, по максимальной продолжительности роста побегов

Группа	Год	Группы															
		П			Ш			У									
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность				
I	1988	2,05	2,36,	-	1,19	2,26	-	3,01	2,45	0,05							
	1989	1,64	2,26	-	8,30	2,26	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	1988	-	-	-	2,88	2,31	0,05	6,35	2,57	0,01							
	1989	-	-	-	4,78	2,23	0,01	-	-	-							
III	1988	-	-	-	-	-	-	0,83	2,36	-							
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-							

Т а б л и ц а 5.19. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений по отношениям длительности роста побегов в Лениногорске к максимальной

Группа	Год	Группы											
		П		Ш		IY							
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность			
I	1988	0,25	2,36	-	0,37	2,31	-	3,01	2,45	0,05	-	-	-
	1989	0,07	2,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	1988	-	-	-	0,10	2,36	-	2,30	2,57	-	-	-	-
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	1988	-	-	-	-	-	-	2,41	2,45	-	-	-	-
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Т а б л и ц а 5.21. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений по максимальной длительности развития плодов

Группа	Год	Группы												
		II			III			IV						
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	
I	1988	0,73	2,36	-	2,36	2,26	0,05	1,12	2,45	-				
	1989	0,90	2,26	-	1,43	2,26	-	-	-	-	-	-	-	-
II	1988	-	-	-	2,55	2,36	0,05	1,05	2,57	-				
	1989	-	-	-	0,11	2,23	-	-	-	-	-	-	-	-
III	1988	-	-	-	-	-	-	1,46	2,36	-				
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Т а б л и ц а 5.2.3. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений по отношению длительности развития плодов в Лениногорске к максимальной

Группа	Год	Группы											
		П		Ш		Ш		Ш		Ш			
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность
I	1988	0,25	2,45	-	1,69	2,57	-	-	-	-	-	-	-
	1989	0,38	2,35	-	0,10	2,57	-	-	-	-	-	-	-
II	1988	-	-	-	1,21	2,57	-	-	-	-	-	-	-
	1989	-	-	-	0,62	2,45	-	-	-	-	-	-	-
III	1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Т а б л и ц а 5.2.5. Анализ достоверности различий между группами экологической пластичности растений по запаздыванию начала роста побегов от весеннего перехода температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$

Группа	Год	Группы									
		II				III			IV		
		Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	Факт. критерий	Станд. критерий	Достоверность	
I	1988	0,05	2,36	-	1,40	2,26	-	2,12	2,45	-	
	1989	0,03	2,26	-	2,25	2,26	-	-	-	-	
II	1988	-	-	-	1,06	2,31	-	1,12	2,36	-	
	1989	-	-	-	1,55	2,23	-	-	-	-	
III	1988	-	-	-	-	-	-	1,42	2,36	-	
	1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Т а б л и ц а 5.27. Распределение по группам экологической пластичности реперных видов

Группа	1988 г.	1989 г.
1	Черемуха виргинская Клен татарский Смородина золотистая Сирень венгерская	Черемуха виргинская Клен татарский Жимолость татарская
II	Жимолость татарская Сирень обыкновенная	Смородина золотистая Сирень венгерская Сирень обыкновенная Дуб черешчатый Барбарис обыкновенный Ясень ланцетный
III	Дуб черешчатый Барбарис обыкновенный Ясень ланцетный	Пузыреплодник калино- листный Виноград прибрежный Аморфа кустарниковая
1У	Пузыреплодник калино- листный Виноград прибрежный Аморфа кустарниковая	

из 1У в III группу экологической пластичности. Три других вида (дуб черешчатый, барбарис обыкновенный, ясень ланцетный), которые в 1988 г. подмерзли в связи с особенностями ритмики развития, в 1989 г. перешли в группу ограниченной экологической пластичности по засухоустойчивости, на связанной с особенностями своего развития

(переход из Ш во П группу). Жимолость татарская, которая в 1988 г. относилась ко П группе, в 1989 г. перешла в I. Напротив, смородина золотистая и сирень венгерская перешли из I во П группу экологической пластичности.

Эти данные позволяют утверждать, что классифицированные группы экологической пластичности растений в Казахстане не связаны с определенным видовым составом, а отражают градации биологических параметров вне зависимости от таксономической принадлежности растений, определяющие тот или иной уровень устойчивости. Группа экологической пластичности соответствует определенному режиму функционирования организма, при котором он характеризуется определенными уровнем адаптивных свойств и пропорционированием жизненного потенциала между индивидуальной и надиндивидуальной адаптацией. Как показывают наши данные, для вида возможно, по крайней мере, два режима такого функционирования.

В этой связи представляет интерес возможность сопоставить параметры 1988 и 1989 гг. ритмики развития растений, сменивших принадлежность к экологическим группам, с таковыми растений, сохранивших групповую принадлежность. Как отмечается самой классификацией групп экологической пластичности, растениям I и П групп не свойственны статистические отличия параметров сезонного развития. Однако при видовом сопоставлении обнаруживается связь перехода из одной группы экологической пластичности в другую с изменением этих параметров (табл. 5.28). Среди немногих параметров групп, отличных в 1989 г. от 1988, отмечено сокращение максимальной продолжительности роста побегов у I группы экологической пластичности (см. табл. 5.16). На примере черемухи виргинской и клена татарского, входящих в эту группу в 1988 и 1989 гг., видно, что изменение максимальной длительности роста реально имело место, а не было сопряжено с изменениями таксономического состава группы. В 1988 г. максимальная длительность роста у этих растений превышала 100 дней, а в 1989 - была менее 80. Напротив, у смородины золотистой и сирени венгерской максимальная длительность

Таблица 5.28. Сопоставление параметров сезонного развития покрытосеменных растений-реперов, принадлежащих к 1-П экологическим группам.

Год	Вид	Связь длительности роста побегов с длительностью периода	Амплитуда экологической изменчивости длительности роста, %	Отношение длительности роста в Ленинской горске к максимальной, %	Максимальная продолжительность роста побегов, сут	Запаздывание начала роста побегов от весеннего перехода через +10°C, сут
1988	Черемуха виргинская Клен татарский Средние	0,617 0,483 0,550	70 89 79	40 17 28	105 123 114	-1 11 5
1988	Смородина золотистая Сирень венгерская Средние	0,677 0,656 0,666	36 60 48	64 40 52	126 106 116	1 5 3
1989	Черемуха виргинская Клен татарский Средние	0,005 -0,052 -0,023	62 44 53	53 81 67	78 78 78	10 5 7
1989	Смородина золотистая Сирень венгерская Средние	0,318 0,503 0,410	22 51 36	90 49 69	98 104 101	1 3 2
1988	Жимолость татарская Сирень обыкновенная	0,861 0,964	72 60	11 40	100 105	1 1
1989	Жимолость татарская Сирень обыкновенная	0,623 0,765	46 59	54 55	74 93	5 0

Год	Вид	Связь длительности развития плодов с длительностью теплового периода	Запаздывание начала цветения от весеннего перехода через +10°C, сут	Корреляция между длительностью роста плодов и развитием плодов	Максимальная длительность развития плодов, сут	Отношение длительности развития плодов в Ленинской горске к максимальной, %
1	2	8	9	10	11	12
1988	Черемуха виргинская	0,486	24	-0,368	97	79
	Клен татарский	0,720	31	0,116	135	73
	Средние	0,603	27	-0,126	116	76
	Смородина золотистая	0,019	15	-0,367	77	100
	Сирень венгерская	-0,972	33	-0,235	127	100
	Средние	-0,476	24	-0,301	102	100
1989	Черемуха виргинская	0,122	21	0,522	86	100
	Клен татарский	-0,110	23	0,177	58	-
	Средние	0,006	22	0,349	72	100
	Смородина золотистая	0,573	14	-0,208	96	53
	Сирень венгерская	-0,363	35	-0,489	105	89
	Средние	0,105	24	-0,348	100	71
1988	Жимолость татарская	0,750	22	0,061	77	60
	Сирень обыкновенная	0,193	23	0,576	157	80
1989	Жимолость татарская	0,513	23	0,951	74	50
	Сирень обыкновенная	-	25	-	126	-

роста была более 100 дней как в 1988, так и в 1989 гг. Это было сопряжено с летними повреждениями последних видов в 1989 г. Жимолость татарская в 1989 г. испытывала повреждения летними стрессами в 1988 г. при максимальной продолжительности роста в 100 дней. В 1989 г. максимальная продолжительность роста у жимолости составила 74 дня и летние повреждения отсутствовали, у сирени обыкновенной – 105 дней в 1988 г. и 93 дня в 1989 г. Летние повреждения наблюдались как в 1988, так и в 1989 гг. Таким образом, принадлежность к группе оптимально пластичных растений в 1989 г. обуславливалась потенциями вида сократить максимально наблюдаемую в экологическом спектре Лениногорск-Караганда-Джезказган-Баканас-Алма-Ата-Актау продолжительность роста до 80 дней с более чем 100, характерной для этой группы в 1988 г. Это – единственный обнаруженный нами пример модифицируемости показателя ритмов развития группы. Возможно, такая модифицируемость и отличает наиболее высокую экологическую пластичность.

Путем описанного выше статистического анализа были установлены параметры, по которым возможно дифференцировать растения, принадлежащие к Ш, 1У группам, а также отличать их от относящихся к 1, П группам. На основании этих показателей (максимальная продолжительность и амплитуда экологической изменчивости длительности роста, запаздывание начала цветения от весеннего перехода $+10^{\circ}\text{C}$) было проведено сопоставление реперных видов, "перешедших" из Ш во П и из 1У в Ш группы (табл. 5.29). Эти данные показывают, что выход видов из разряда недостаточно экологически пластичных в связи с особенностями ритмики сезонного развития сопряжен с сокращением максимальной продолжительности роста побегов. Так, у дуба черешчатого, барбариса обыкновенного и ясеня ланцетного, перешедших в 1989 г. во П группу, максимальная продолжительность роста сократилась до 89 сут против 115 в 1988 г. При переходе из 1У в Ш группу экологической пластичности (пузыреплодник калинолистный, виноград прибрежный, аморфа кустарниковая), как и ожи-

Т а б л и ц а 5.29. Сопоставление параметров ритмики развития растений-реперов, принадлежащих к Ш и IY экологическим группам

Характеристика перехода между группами (1988-1989 гг.)	1988 г.			1989 г.		
	Амплитуда экологической изменчивости длительности роста	Мальмальная продолжительность роста, сут	Западные начала цветения от веснего него дере-хода че-рез +100С, сут	Амплитуда экологической изменчивости длительности роста, %	Мальмальная продолжительность роста, сут	Западные начала цветения от веснего него дере-хода че-рез +100С, сут
Ш-П						
Дуб черешчатый	77	105	-	78	77	31
Барбарис обыкновенный	64	118	31	45	112	25
Ясень ланцетный	70	123	15	87	78	10
Средние по группе	70	115	23	70	89	22
Дисперсия	42,5	86,5		489,0	397,0	117,0
IY-III						
Пузыреплодник калинолистный	50	136	40	77	142	42
Виноград прибрежный	32	144	36	-	118	39
Аморфа кустарниковая	29	127	50	25	124	46
Средние по группе	37	136	42	51	128	42
Дисперсия	129,0	72,5	52,0		156,0	9,0

далось, существенных изменений максимальной длительности роста побегов не происходило. Здесь переход из одной группы в другую сопряжен с увеличением амплитуды экологической изменчивости длительности роста в ряду Лениногорск-Караганда-Джезказган-Баканас-Алма-Ата-Актау. Вместе с тем данные табл. 5.29 показывают высокую видоспецифичность запаздывания начала цветения от весеннего перехода $+10^{\circ}\text{C}$, что не позволяет использовать этот параметр для дифференцирования растений У группы.

Для такой идентификации следует использовать амплитуду экологической изменчивости длительности роста.

Анализ изменений принадлежности видов растений к группам экологической пластичности в 1988 и 1989 гг. позволяет углубить представления о предлагаемой экологической классификации листовых древесных растений в Казахстане. Четыре выделенные уровня экологической пластичности (оптимальная для широкозональной интродукции; ограничения по засухоустойчивости без связи с особенностями сезонной ритмики развития; по зимостойкости в связи с особенностями сезонного развития; по зимо- и засухоустойчивости в связи с особенностями сезонного развития) являются естественными градациями адаптабельности растений, тесно сопряженными с особенностями сезонного развития и, прежде всего, с длительностью роста побегов. Эти градации являются шкалой адаптабельности, где максимуму адаптабельности соответствует оптимальная, а минимуму — ограниченная по зимо- и засухоустойчивости экологическая пластичность вегетативных органов. Линейность этой шкалы доказывается наблюдавшимися переходами видов растений из одной группы экологической пластичности в другую. Такие переходы наблюдаются только между сопряженными группами-уровнями экологической пластичности: от IУ к Ш, от Ш к П, от П к I, от I к П. Именно отсутствие "перескоков" через группы убеждает в линейности шкалы. Вместе с тем установленная шкала градации экологической пластичности и перемещения видов в пределах этой шкалы позволяют сформулировать вопрос о динамизме адаптабельности, ее поливариантности для вида.

как функции регуляции каких-то не установленных нами факторов. Теоретическая значимость этого вопроса не требует специальных пояснений, так же, как и возможные его прикладные аспекты. Именно в русле решения вопроса о поливариантности адаптбельности вида мы видим основное направление дальнейшего развития аналогичных исследований.

Подведем итоги наших исследований взаимосвязи экологической пластичности лиственных древесных растений с особенностями ритмики их сезонного развития. Они могут быть представлены в виде теоретических и методических обобщений. Сразу оговоримся, что степень завершенности этих обобщений неравнозначна. Исследования носили постановочно-методический характер и в соответствии с этими целями методические разработки являются завершенными. Теоретические выкладки были дополнительным продуктом этих исследований и в силу ограниченного числа лет наблюдений носили предварительный, заделный характер.

К теоретическим вопросам, раскрытым нашими исследованиями, следует отнести следующие.

1. Впервые на уровне параметров ритмики сезонного развития показана противоречивость вегетативных и генеративных процессов растений. В соответствии с гипотезой жизненного потенциала эта противоречивость отражает конкурентные отношения механизмов индивидуальной (вегетативная сфера) и надиндивидуальной (генеративная) адаптаций.

2. На основании показателей зимо- и засухоустойчивости в пунктах интродукции АН Республики Казахстан выделено 4 группы растений, характеризующихся соответственно как оптимальная для широкозональной интродукции в Казахстане, ограниченно пластичная по засухоустойчивости вне зависимости от особенностей ритмики сезонного развития, ограниченно пластичная по зимостойкости в связи с особенностями сезонного развития и ограниченно пластичная по зимо- и засухоустойчивости в связи с особенностями сезонного развития. Содержанием внутригрупповой общности является константность параметров сезонного развития вне зависимости от таксономического состава группы. Отмечена

модифицируемость лишь одного параметра (максимальная длительность роста побегов в экологическом спектре Лениногорск–Караганда–Джезказган–Баканас–Алма–Ата–Актау) у наиболее экологически пластичных растений. Возможно, такая модифицируемость и отмечает наиболее высокую экологическую пластичность. Каждая группа экологической пластичности соответствует определенному режиму функционирования организмов, при котором они характеризуются определенным уровнем экологической пластичности, соответствующим определенной пропорции подразделения жизненного потенциала на нужды индивидуальной и надиндивидуальной адаптаций.

3. Для вида покрытосеменных растений возможны, по крайней мере, два режима сезонной динамики развития, соответствующие двум грациям экологической пластичности и двум вариантам пропорционирования жизненного потенциала индивидуумов. Переход вида из одной группы экологической пластичности в другую сопряжен с изменением параметров сезонного развития (прежде всего, длительности ростовых процессов побегов) или с сохранением этих параметров константными при их изменении в группе.

4. Четыре выделенные уровня экологической пластичности растений по отношению к широкозональной интродукции в Казахстане – оптимальная для широкозональной интродукции – ограниченная по засухоустойчивости вне связи с особенностями сезонной ритмики развития – ограниченная по зимостойкости в связи с особенностями сезонного развития – ограниченная по зимо- и засухоустойчивости в связи с особенностями ритмики сезонного развития являются естественными грациями адаптабельности покрытосеменных древесных растений. Эти градации соответствуют линейной шкале адаптабельности вегетативной сферы растений, где одному полюсу соответствует оптимальная, а другому – ограниченная по зимо- и засухоустойчивости экологическая пластичность. Обсуждаемый ряд групп экологической пластичности может интерпретироваться и с позиций потенциалов надиндивидуальной (популяционной, видовой) адап-

тации. Оптимуму вегетативных процессов в ряду соответствует пессимум генеративных процессов и наоборот.

С методической точки зрения важным итогом проведенных исследований явилась разработка методики оценки растений на потенции широкозональной интродукции в Казахстане. Эта методическая разработка включает параллельное испытание растений в экологическом ряду Лениногорск-Караганда-Джезказган-Баканас-Алма-Ата-Актау; оценку зимо- и засухоустойчивости растений в пунктах экологического ряда; классификацию на основании данных по зимо- и засухоустойчивости растений по принадлежности к той или иной группе экологической пластичности; оптимально экологически пластичные для широкозональной интродукции в Казахстане - зимние повреждения только в Лениногорске, летние - только в Актау; ограниченно пластичные по засухоустойчивости вне связи с особенностями сезонной ритмики развития - зимние повреждения только в Лениногорске, летние - не только в Актау, ограниченно экологически пластичные по зимостойкости - зимние повреждения не только в Лениногорске, летние - только в Актау, ограниченно экологически пластичные по зимо- и засухоустойчивости - зимние повреждения не только в Лениногорске, летние - не только в Актау.

В плане широкозональной интродукции перспективны оптимально экологически пластичные растения. Другие градации экологической пластичности растений конкретизируют слабые стороны жизнедеятельности того или иного вида, чем подсказывают ограничения адресов интродукции.

Важнейшим же методическим итогом проведенных исследований является подтверждение высокой эффективности, эвристичности постановки системных исследований в ботанических садах Казахстана. Взятые сами по себе данные сезонной ритмики развития растений в том или ином пункте интродукции содержат значительно меньшую информацию, чем объединенные в систему экологического спектра.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ПРИКЛАДНЫЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТРОДУКЦИИ ИНОРАЙОННОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ В КАЗАХСТАНЕ	6
Глава 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ СЕТИ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ ДЛЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНА	21
Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТРОДУКЦИИ	59
Глава 4. ИНТРОДУКЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАСТЕНИЙ	85
Глава 5. ДИНАМИКА СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАСТЕНИЙ	122

CONTENTS

INTRODUCTION	3
Chapter 1. THE APPLIED AND SCIENTIFIC-METHODICAL ASPECTS OF PLANT'S INTRODUCTION IN KAZAKHSTAN	6
Chapter 2. THE ECOLOGICAL REPRESENTATION OF BOTANICAL GARDEN'S NETWORK FOR KAZAKHSTAN'S ENVIRONMENT'S CONDITIONS	21
Chapter 3. THE ECOLOGICAL PROGNOSTICATION OF INTRODUCTION'S RESULTS	59
Chapter 4. THE INTRODUCTION AND THE ECOLOGICAL PLASTICITY OF PLANTS	85
Chapter 5. THE DYNAMICS OF SEASONAL DEVELOPMENT AND THE ECOLOGICAL PLASTICITY OF PLANTS	122

Научное издание

Байтулин Иса Омарович,
Проскураков Михаил Александрович,
Чекалин Сергей Владимирович

СИСТЕМНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ИНТРОДУКЦИИ РАСТЕНИЙ В КАЗАХСТАНЕ
Часть 1

Утверждено к печати Ученым советом
Главного ботанического сада Академии наук
Республики Казахстан

Редактор С.Г.Новикова
Сформление художника Н.Ф.Чурсина

ИБ № 3395

Подписано в печать 05.06.92.

Формат 60x84¹/16. Бум.тип. № 1.

Печать офсетная. Усл.п.л. 11,63.

Усл.кр.-отт. 11,75. Уч.-изд.л. 11,1.

Тираж 300. Заказ 90.

Издательство "Гылым"

480100, Алма-Ата, ул.Пушкина, 111/113

Типография издательства "Гылым"

480021, Алма-Ата, ул.Шевченко, 28

"Гылым" – ведущее республиканское издательство научной книги. Наши авторы – видные ученые академических и отраслевых институтов, вузов. Книги, брошюры и статьи в журналах выходят на казахском, русском и уйгурском языках.

Издательство "Гылым" надеется, что его научная и научно-популярная литература привлечет внимание широкого круга ученых, производственников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Адрес издательства:
480100, Алма-Ата, Пушкина, 111/113