

**ASTER ALPINUS L. (ASTERACEAE) НА СКЛОНАХ РАЗНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ:
ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АСПЕКТ****ASTER ALPINUS L. (ASTERACEAE) ON THE SLOPES OF DIFFERENT
EXPOSURE: POPULATION ASPECTS**

Казанский (Приволжский) федеральный университет. E-mail: s.v.fedorova@inbox.ru

Резюме. Вид *Aster alpinus* L. имеет дизъюнктивный ареал и широко распространен по миру в горных, степных, субарктических зонах. Особенности ареала обуславливают статус вида «Vu – сохранение» в различных регионах. В Республике Татарстан вид сохраняется на территории Государственного природного комплексного заказника «Степной» и произрастает на разных склонах невысоких гор. Популяционная система *A. alpinus* откликается на смену эколого-ценотических факторов, обусловленных особенностями рельефа. В статье представлены результаты сравнительного популяционного анализа *A. alpinus* с учетом фенологического спектра вида, произрастающего в различных фитоценозах в заказнике «Степной». Описаны отклики на смену экспозиции склона и на смену фитоценоза на основе анализа 4 популяционных систем в 2012–2014 гг.

Abstract. *Aster alpinus* L. has a disjunctive natural habitat and is widely spread around the world in mountainous, steppe and subarctic zones. The peculiarities of natural habitat cause the «Vu – preservation» status of the species in different regions. In Tatarstan Republic the plant is found in Stepnoy reserve and grows on different slopes of low mountains. *A. alpinus* population system responds to changing ecological and cenotic factors caused by relief peculiarities. The article represents the results of comparative analysis of *A. alpinus* population which includes the phenological spectrum of the species growing in different plant communities in Stepnoy reserve. The description of the ways 4 population systems responded to the change of the slope exposure and the change of phytocenosis in 2012–2014 is given.

Ключевые слова: популяционная система, сравнительный анализ, фенологический спектр, отклики, экология, морфология, полицентрическая система.

Key words: population system, polycentric system, comparative analysis, phenological spectrum, response, ecology, morphology.

Две актуальные экологические проблемы: адаптация к среде обитания и сохранение биоразнообразия на особо-охраняемой природной территории решались в 2012–2014 гг. в Республике Татарстан на примере *Aster alpinus* L. (Asteraceae). Вид имеет дизъюнктивный ареал и широкое распространение по миру (произрастает в альпийском поясе гор, в степных и субарктических зонах). Особенности ареала обуславливают статус вида «Vu – сохранение» в различных регионах (Красная..., 1988–2009). В Республике Татарстан растение сохраняется на территории Государственного природного комплексного заказника «Степной» в Лениногорском районе (Государственный..., 2007). Район расположен на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, которая представляет собой отроги Уральских гор. Вид произрастает на обнажениях известняка и других кальций содержащих породах, на крутых и пологих каменистых склонах, по берегам рек и ручьев, в составе луговых и степных фитоценозов.

Из семени *A. alpinus* развивается моноцентрический организм. В процессе развития он способен преобразоваться в полицентрическую систему. Преобразование происходит в течение нескольких лет. В первый год жизни работа апикальной почки (или же боковой почки в случае повреждения апикальной) способствует формированию центра побегообразования с несколькими центрами ассимиляции (розеточный побег с листьями). Он функционирует благодаря работе непосредственно связанного с ним центра почвенного питания (система главного корня и придаточных корней). Работа контрактивных корней способствует втягиванию части молодого побега в почву. Это сопровождается одревеснением подземного побега и формированием ризома. На второй год жизни центр побегообразования приобретает способность к формированию центра генерации (цветоносный побег и соцветие на разных этапах развития цветков и плодов). В этот период работа апикальной почки и (или) боковых почек способствует нарастанию полурозеточного побега. После обсеменения растения центр генерации вместе с материнским центром побегообразования отмирает. Дальнейший рост

растения обеспечивается за счет работы боковых и придаточных почек, из которых формируются дополнительные центры побегообразования. Работа придаточных почек на ризоме способствует формированию дополнительных центров почвенного питания (ококоренные участки ризома пространственно разделенные между собой). Таким образом, в онтогенезе организм *A. alpinus* способен реализовать стратегию развития полицентрической системы. Рис. 1 и 2 иллюстрируют разные стадии реализации. Полицентрическая система, развивающаяся во взаимодействии с другими растениями и со средой, представляет собой элемент популяционной системы. Популяционная система (ПС) – это само-организованная саморазвивающаяся над-организменная система вида.

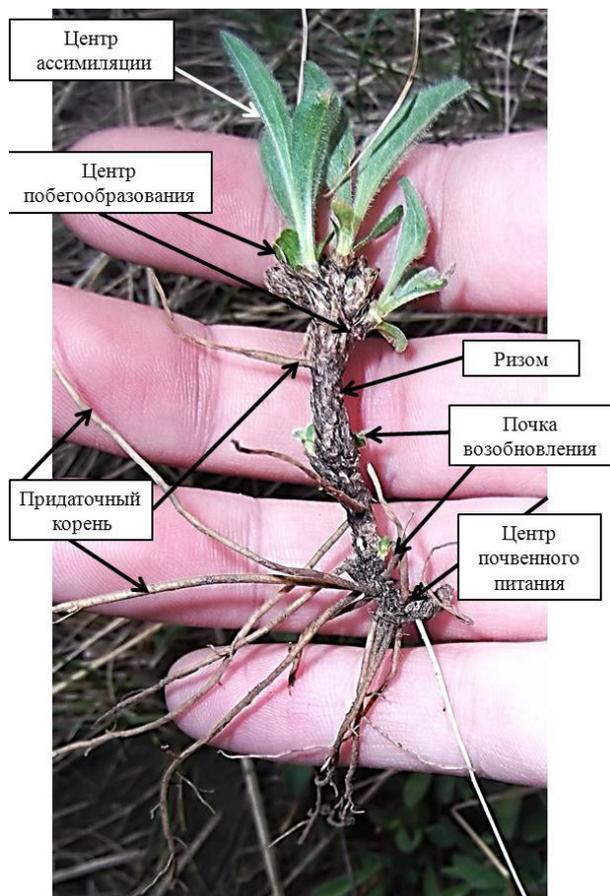


Рис. 1. Полицентрическая система *Aster alpinus*. Склон экспозиции южная. Гора Ташкала. ГПКЗ «Степной». Республика Татарстан. Автор фото Салахова Л.А. Съемка 11 мая 2014 г.

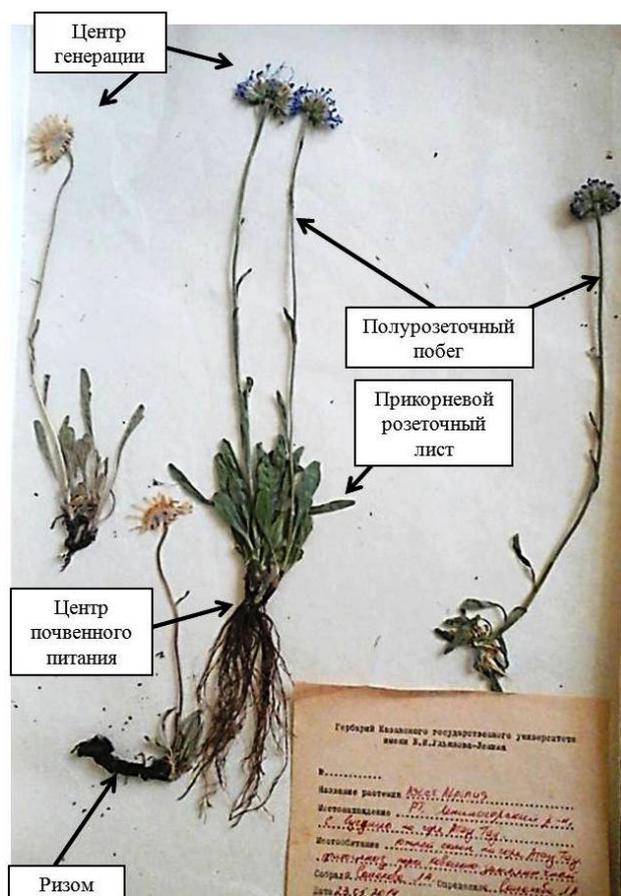


Рис. 2. Гербарные образцы полицентрических систем *Aster alpinus*. Место сбора: склон экспозиции южная. Гора Атау Тау. ГПКЗ «Степной». Республика Татарстан. Дата сбора 23 мая 2011 г. Автор фото Салахова Л. А.

Цель исследования – выявление механизмов адаптации популяционной системы *A. alpinus* к условиям произрастания. Задачи: 1) описать эколого-ценотические условия произрастания *A. alpinus* на склонах гор Атау Тау и Ташкала; 2) описать изменение фенологического спектра *A. alpinus* в связи со сменой экспозиции склона и его принадлежности к Ташкала и Атау Тау; 3) провести сравнительный анализ популяционных систем *A. alpinus* на склонах Ташкала и Атау Тау экспозиции южная.

Материалом для исследования служили полицентрические системы с центрами генерации в составе фитоценоза на квадратной пробной площади 10 × 10 кв.м на склонах гор Ташкала (285 м. н.у.м.) и Атау Тау (323 м.н.у.м.). Примечание: Атау Тау расположена на участке ГПКЗ «Степной» № 16 «Каркалинские горы»; Ташкала – на участке ГПКЗ «Степной» № 13 «Шугуровский склон». Объектами исследования были 4 ПС на склонах разной экспозиции: юго-восточная, южная и юго-западная на Ташкала, и южная на Атау Тау. Обследуемые местообитания представлены на рис. 3.

Климат в районе исследования умеренно-континентальный с засушливым жарким летом и холодной зимой. На обследуемых склонах почва – маломощный деградированный чернозем, местами



сильнокаменистая. Склоны сильно размывы водной эрозией. В средней части склонов видны материнские породы – пермские известняки, а в нижних частях – красноцветные глины. На склоне Атау Тау весной проводилось несанкционированное поджигание сухой травы, а летом – сбор ягод земляники. Антропогенный фактор наряду с естественным световым фактором обусловили существенные различия местообитаний *A. alpinus* на обследуемых склонах.

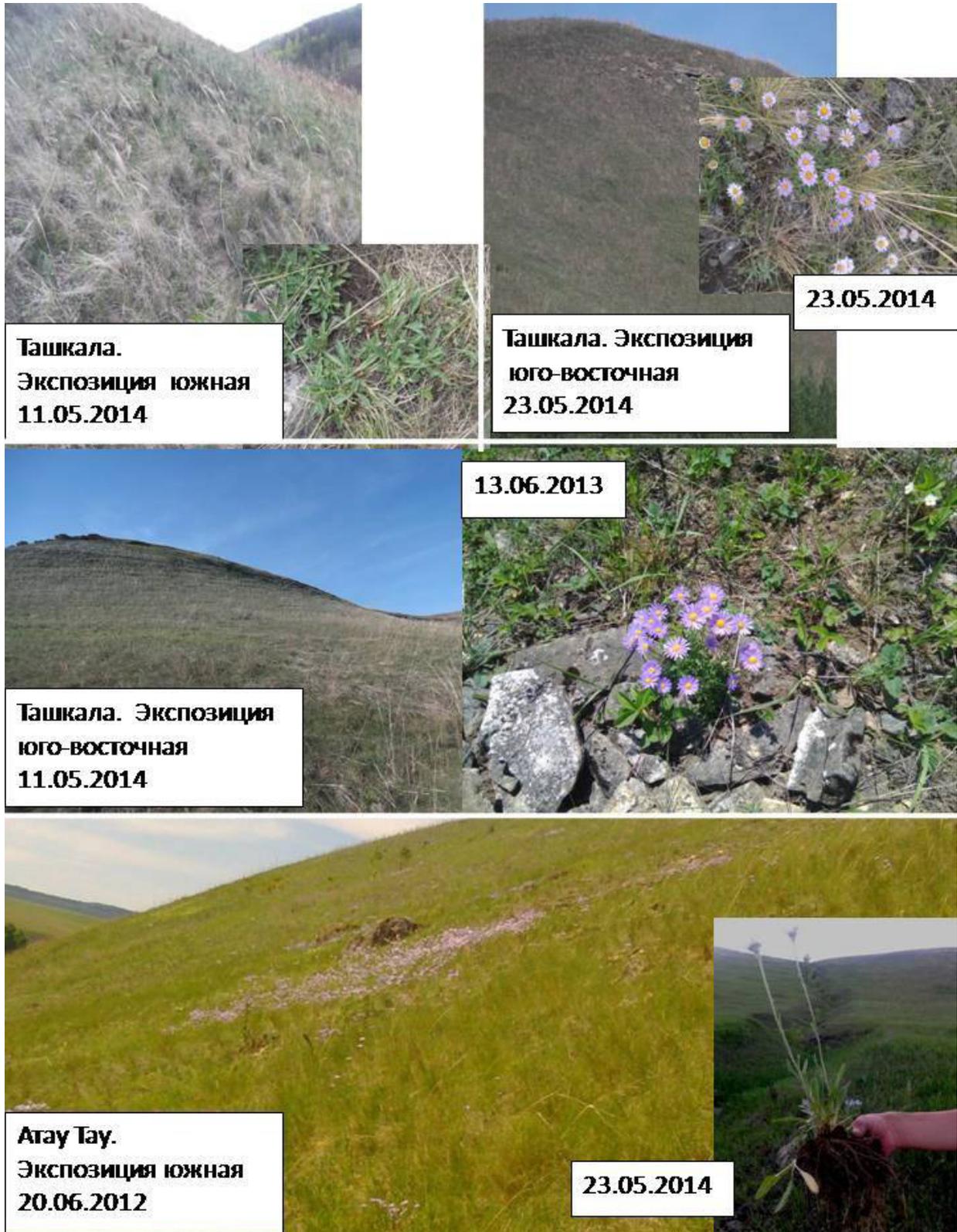


Рис. 3. Местообитание *Aster alpinus* в ГПКЗ «Степной». Республика Татарстан. Автор фото Салахова Л.А.

ПС. 1. Юго-восточная экспозиция и крутизна 30° склона на Ташкала способствовали формированию компактных групп из *A. alpinus* и *Fragaria viridis* Duch. между дерновинами злаков *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., *Stipa capillata* L. и *Poa angustifolia* L. Разнотравье было представлено *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Picris hieracioides* L. Идентификация фитоценоза по проективному покрытию видов показала, что он разнотравно-ковыльный с максимальным покрытием 60%. Наличие в составе фитоценоза ксерофитов и мезоксерофитов позволяет отнести его к категории «степной». ПС 2. Южная экспозиция и крутизна 30° склона на Ташкала способствовали формированию компактных групп из *A. alpinus*, *Fragaria viridis* и *Viola hirta* L. между кустиками полыни (*Artemisia salsoloides* Willd.), разнотравья с достаточно мощными ризомами (*Scabiosa isetensis* L., *Salvia verticillata* L., *Leucanthemum vulgare* (Lam.) DC.) и дерновинами злаков (*Stipa lessingiana*, *S. capillata*, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub). В травостое произрастали синантропные виды (*Elytrigia repens* (L.) Desv., *Taraxacum officinale* (L.) Weber., *Cirsium arvense*). Идентификация фитоценоза показала, что он полынно-разнотравно-ковыльный из категории «степной» с максимальным покрытием 60%. ПС 3. Южная экспозиция и крутизна 30° склона на Атау Тау не способствовали формированию компактных групп растений. Границы между видами были размытыми. Растения *A. alpinus* формировали небольшой массив с максимальным покрытием в 60% и мелкие группы разной плотности. Почва была покрыта достаточно густым ковром из *Fragaria viridis*. На его фоне выделялись злаки (*Stipa pennata*, *S. lessingiana*, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Poa angustifolia*, *Elytrigia repens*), разнотравье (*Globularia punctata* Lapeyr., *Achillea millefolium* L., *Filipendula vulgaris* Moench, *Inula germanica* L., *Anemone sylvestris* L.), папоротники (*Asplenium ruta-muraria* L.). Идентификация фитоценоза показала, что он злаково-земляничный из категории «остепненный луг» и имеет максимальное покрытие 80%. ПС 4. Юго-западная экспозиция и крутизна 45° склона на Ташкала способствовали формированию компактных одновидовых и смешанных групп на осыпи из представителей разнотравья (*A. alpinus*, *Viola hirta* L., *Onosma simplicissima* L., *Cirsium arvense*, *Taraxacum officinale*) и злаков (*Stipa lessingiana*, *S. capillata*, *Bromopsis inermis*). Идентификация фитоценоза показала, что он разнотравно-злаковый из категории «степной» с максимальным покрытием 15%.

Контрольное описание состояния полицентрической системы было проведено 20 июня 2012 г., 13–15 июня 2013 г., 11–23 мая 2014 г. Выборка была сплошной (объем выборки не менее 50 экз.). В процессе описания были учтены показатели: 1) морфометрические (количество центров ассимиляции, длина полурозеточного побега, диаметр центра генерации в полицентрической системе); 2) фенологические (доминирование в центре генерации нераскрывшихся цветков, раскрывшихся цветков, семян). По фенологическим показателям полицентрические системы были распределены на 3 группы: бутонизирующие, цветущие, плодоносящие. По морфометрическим показателям – на 5 классов в диапазоне их варьирования. На основе собранных данных с помощью «Мастер диаграмм» в редакторе Microsoft Excel построены диаграммы. Они отражали: 1) распределение полицентрических систем по морфометрическим показателям (тип «График»); 2) фенологический спектр (тип «Круговая»); 3) зависимость между морфометрическими показателями (тип «Точечная» с подбором наиболее достоверной аппроксимации, записью уравнения зависимости « y от x » и критерия достоверности R^2). Для выявления сходства между распределениями в популяционных системах определен критерий К. Пирсона (χ^2 – распределение). Расчет критерия проведен по формуле: $\chi^2 = 4 \sum (f_1^2 / (f_1 + f_2)) - \sum f_1 + \sum f_2$ (Лакин, 1990), где f_1 и f_2 – частоты сравниваемых распределений. Число степеней свободы k определено по числу классов без единицы. Данные были обработаны с помощью «Пакет анализа» в редакторе Microsoft Excel. Используются пакеты программ «Описательная статистика» с доверительным интервалом 90%, «Корреляции», «Двухвыборочный F-тест для дисперсии» с доверительными уровнями 88; 90; 95; 99%. В табл. 1–2 звездочками (*, **, ***, ****) отмечены значения критериев, превышающие критические на соответствующих уровнях достоверности.

Процесс формирования центров генерации *A. alpinus* на обследуемых склонах начинался после 11 мая. В течение двух недель некоторые из центров достигли состояния цветения (рис. 3). В период 13–20 июня группа «цветущие» преобладала (67–94%). Процесс формирования новых центров генерации продолжался с разной скоростью в зависимости от местообитания, что обусловило наличие в фенологическом спектре группы «бутонизирующие» (6–27%) (рис. 4). Известно, что центры генерации способны находиться в состоянии цветения 3–4 недели (Климентенко, 1985). Этим объясняется,



что группа «плодоносящие» проявилась только в период 15–20 июня. Срок в 2 дня в середине июня сыграл существенную роль в ритме развития центра генерации. Его оказалось достаточно для завершения периода цветения и начала периода плодоношения.

Таблица 1

Критерий К. Пирсона для выявления сходства между фенологическими спектрами (рис. 4) *Aster alpinus* в 2012-2013 гг.

Сравниваемые ПС и даты сбора данных				
ПС 2 13.06.13 и ПС 3 15.06.13	ПС 2 и ПС 1 20.06.12	ПС 2 и ПС 4 20.06.12	ПС 1 и ПС 4 20.06.12	ПС 2 20.06.12 и 13.06.13
74,1****	4,84	25,5****	11,84***	8,08**

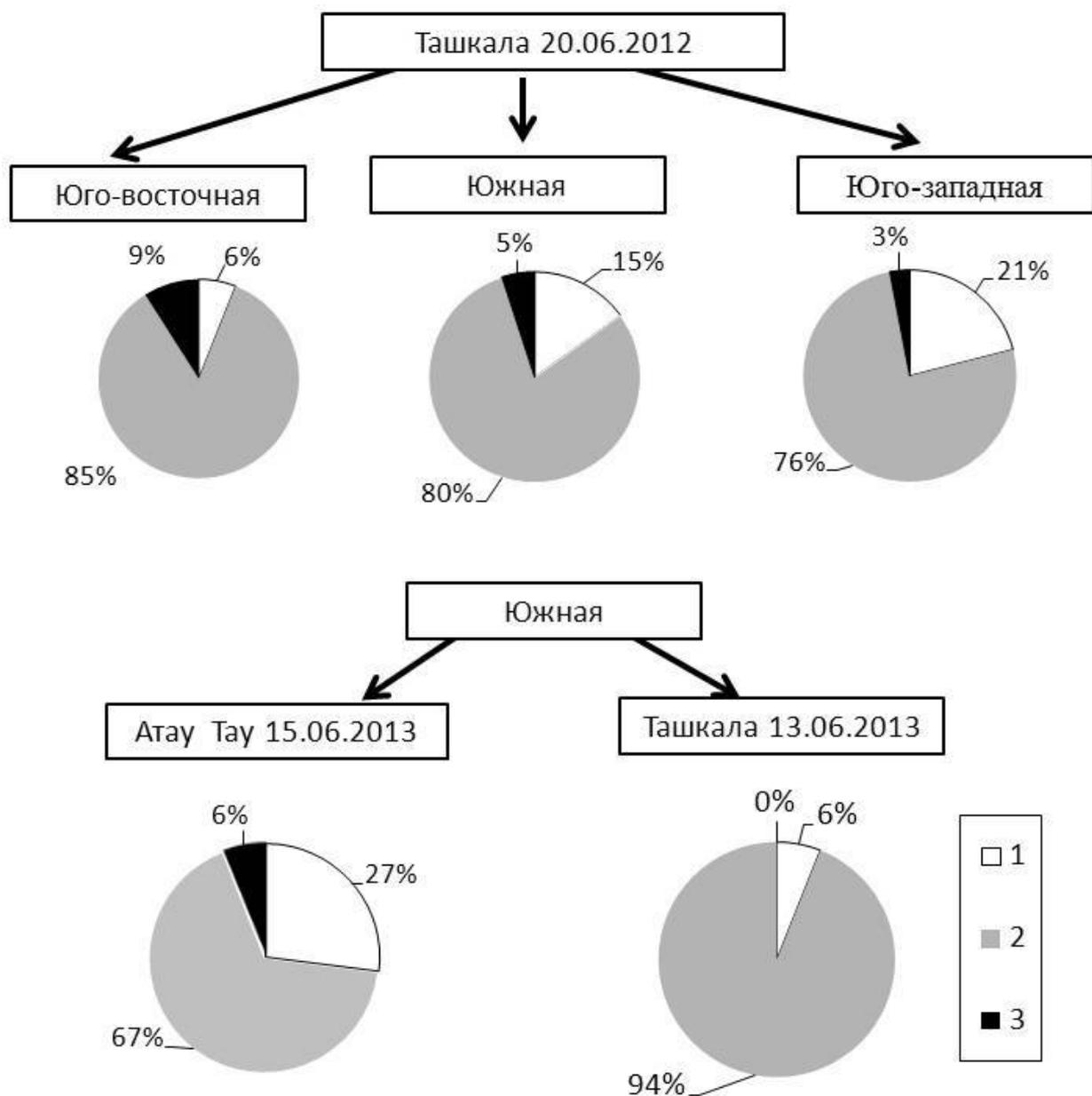


Рис. 4. Фенологический спектр популяционной системы *Aster alpinus* на склонах разной экспозиции в 2012-2013 гг.: 1 – бутонизирующие; 2 – цветущие; 3 – плодоносящие.

Таблица 2

Морфометрические показатели полицентрической системы *Aster alpinus* и критерии для выявления сходства и различий между различными популяционными системами.

Данные 13–15 июня 2013 г.

Параметр	Длина полурозеточного побега, см		Количество центров ассимиляции, шт.		Диаметр центра генерации, см	
	ПС 2	ПС 3	ПС 2	ПС 3	ПС 2	ПС 3
Среднее	15,7	16,9	23,7	14,9	2,26	1,83
Доверительный интервал	0,87	0,45	1,47	0,47	0,10	0,07
Медиана	15	16,9	23	15	2,2	1,7
Мода	12,8	15,3	23	14	1,8	1,5
Стандартное отклонение	3,65	3,20	6,22	3,29	0,43	0,51
Коэффициент вариации	23	19	26	22	19	28
Дисперсия	13,3	10,2	38,7	10,8	0,18	0,25
Коэффициент эксцесса	-0,79	-0,71	-0,46	-0,74	-1,18	-1,1
Коэффициент асимметрии	0,41	-0,09	0,33	0,06	0,12	0,40
Интервал	14	13,3	25	13	1,5	1,8
Минимум – максимум	9–23	9,8–23,1	13–38	9–22	1,5–3	1,1–2,9
Сумма	778,8	2285	1188	2013	1133	248,2
Объем выборки	50	135	50	135	50	135
Коэффициент Р. Фишера	1,30*		3,56****		0,72	
Коэффициент К. Пирсона	7,2*		53,6****		4,8	

В связи со сменой экспозиции склона в фенологическом спектре произошли существенные перестройки, обусловленные ранним наступлением периода плодоношения на склоне экспозиции юго-восточная и продолжительным процессом формирования новых центров генерации на склоне экспозиции юго-западная (табл. 1).

Южная экспозиция склона не способствовала сильному варьированию полицентрических систем по морфометрическим показателям надземной сферы (табл. 2). На Ташкала преобладали центры генерации диаметром 1,46–1,62 и 2,16–2,54 см, центры побегообразования с количеством центров ассимиляции 18–23 шт., с длиной полурозеточного побега 11,3–14,6 см. На Ату Тау преобладали центры генерации диаметром 1,5–2,1 см, центры побегообразования с количеством центров ассимиляции 11–22 шт., с длиной полурозеточного побега 9,8–15,12 см.

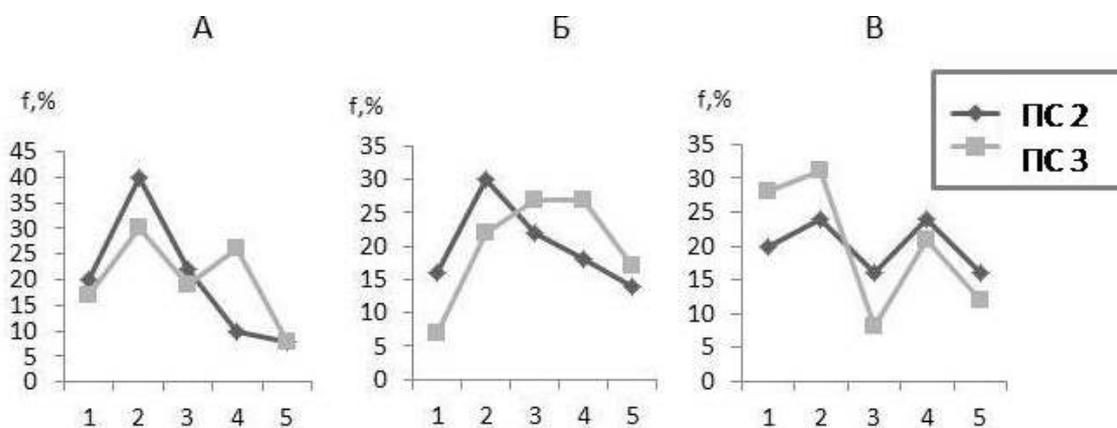


Рис. 5. Распределение полицентрических систем по морфометрическим показателям в различных популяционных системах *Aster alpinus*. Данные 13–15 июня 2013 г.: А – количество центров ассимиляции; Б – длина полурозеточного побега; В – диаметр центра генерации.



Ценоотический фактор оказался существенным для проявления: 1) характера распределения полицентрических систем по длине полурозеточного побега и по количеству центров ассимиляции (рис. 5); 2) тенденции зависимости морфометрических показателей генеративных органов от морфометрических показателей вегетативных органов полицентрической системы (рис. 6).

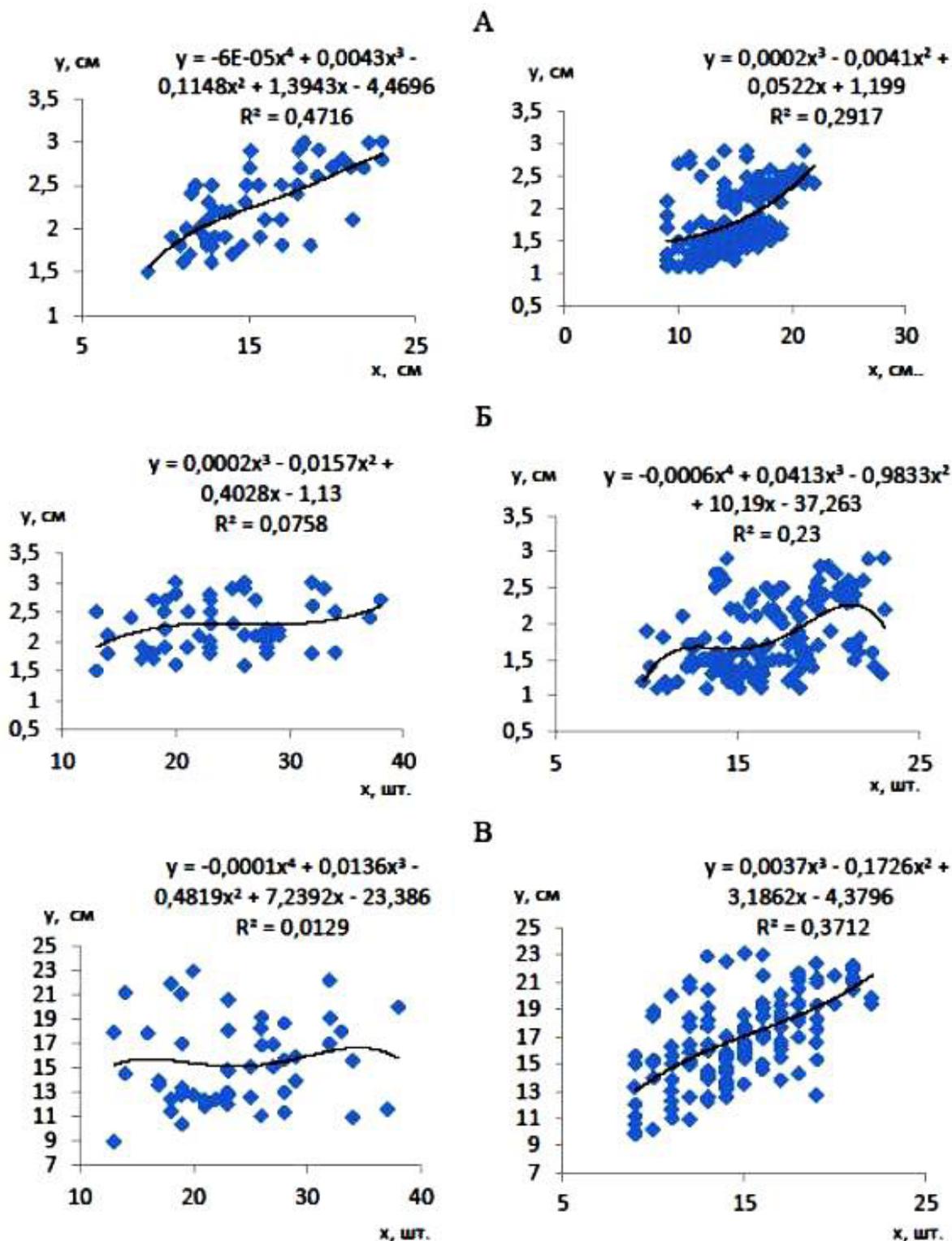


Рис. 6. Корреляционная зависимость между морфометрическими показателями в популяционных системах *Aster alpinus*: слева – ПС 2, справа – ПС 3. Данные 13–15 июня 2013 г.: А – длина полурозеточного побега (y) и количество центров ассимиляции (x); Б – диаметр центра генерации (y) и количество центров ассимиляции (x); В – диаметр центра генерации (y) и длина полурозеточного побега (x).

В полынно-разнотравно-ковыльном фитоценозе увеличение длины полурозеточного побега обусловило полиномиальную тенденцию к увеличению диаметра центра генерации. Зависимость длины полурозеточного побега и диаметра центра генерации от количества центров ассимиляции не была ярко выраженной.

В злаково-земляничном фитоценозе увеличение количества центров ассимиляции обусловило полиномиальную тенденцию к увеличению длины полурозеточного побега и диаметра центра генерации. Увеличение длины полурозеточного побега обусловило полиномиальную тенденцию к увеличению диаметра центра генерации.

Таким образом, популяционная система *A. alpinus* чутко откликается на смену экспозиции склона в диапазоне юго-восточная, южная, юго-западная и на смену ценоотического фактора. Отклики затрагивают ритм развития полицентрической системы и продолжительность периода формирования центра генерации.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан. Изд. 2-е. – Казань: Идел-Пресс, 2007. – 408 с.

Климентенко Т. И. К изучению семенной продуктивности прострела раскрытого и астры альпийской // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев: Книга, 1985. – С. 80–86.

Красная книга Республики Коми. – Сыктывкар: изд-во ИБ Коми НЦ УРО РАН, 2009. – 640 с.

Красная книга Республики Башкортостан. – Уфа: Кита. 2007. – Т. 1. – 334 с.

Красная Книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). 2-е изд. – Казань: Идел-Пресс, 2006. – 832 с.

Красная книга РСФСР: Растения. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 590 с.

Красная книга Самарской области. Редкие виды растений, грибов лишайников. – Самара: изд-во ИЭВБ РАН, 2007. – Т. 1. – 372 с.

Красная Книга Украины <http://redbook-ua.org/ru/item/aster-alpinus-1>

Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособ. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

УДК 58+59+91+631.4+502.7

Г 699

Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. Труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. Барнаул, 2015. 288 с.

Сборник содержит материалы представленные на Третьей всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию организации Тигирекского заповедника «Горные экосистемы Южной Сибири: Изучение, охрана и рациональное природопользование». Обобщены данные современных исследований природных комплексов Государственного заповедника «Тигирекский». Анализируется стратегия развития и функционирование системы особо охраняемых природных территорий Алтае-Саянского экорегиона. Рассматриваются актуальные вопросы изучения рельефа, климата и почв горных территорий, изучения и охраны растительного и животного мира гор Южной Сибири, проблемы устойчивого развития регионов.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов, работающих в области биологии, экологии и охраны природы, а также всех, кому небезразличны проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов.

Редакционная коллегия:

Е.Н. Бочкарёва, Н.И. Быков, А.В. Волынкин, П.В. Голяков,
Е.А. Давыдов (ответственный редактор), Н.Л. Ирисова, Т.М. Кругова, Т.А. Терехина

Рецензенты:

к. б. н. Е.Н. Бочкарева, к. б. н. Н.И. Быков, к. б. н. А.В. Волынкин, к. б. н. Е.А. Давыдов,
к. б. н. Н.Л. Ирисова, к. б. н. И.В. Кудряшова, Э.Ю. Луцаев, д. б. н. М.М. Силантьева,
д. б. н. Т.А. Терехина, д. б. н. С.М. Цыбулин, д. б. н. Д.В. Черных

ISBN

ISSN 2076-7390

©ФГБУ «Государственный природный заповедник «Тигирекский»