

## Методологические подходы к исследованию элементов фитоценозов

Федорова С. В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Фитоценоз – это саморазвивающаяся и саморегулируемая система организмов растения в пределах достаточно однородной среды обитания. Модель восприятия элементов фитоценоза может быть различной и выступать в качестве элементов фитоценоза может и целый организм, и отдельные части сложной системы организма растения, способного к формированию клонов. Имея в арсенале ряд современных концепций, научно-обоснованных и достаточно эффективных (Федорова, 2018 а, 2018 б, 2018 в), представляю алгоритм проведения исследований элементов фитоценоза на примере растений из категории жизненных форм «Вегетативно-подвижные». Такие растения могут произрастать в различных типах ландшафтов: 1) природные (лес, буш, луг, степь, болото, водоем); 2) нарушенные (пустырь, пустошь); 3) культурные (газон, парковая зона, сад, поле). Поэтому, исследование фитоценозов с их участием актуально. Представляю также некоторые данные о растении эдификаторе леса.

**Концепция «3D модель экологической амплитуды местообитаний растения».** Ее применение наиболее актуально в процессе проведения исследования растений в лесном типе растительности. Таблица 1 представляет элементы модели и способы расчета координат.

Таблица 1. Характеристики 3D-модели экологической амплитуды местообитаний растения

Наполнение осей координат	Формулы для определения значения координаты	Примечание
Абсцисса: Влажность почвы (англ.: humidity of soil) <b>HS, %</b>	1) $HS = (100 \Sigma(P_1 - P_2) / P_1) / n$ $P_1$ – вес влажной почвы; $P_2$ – вес сухой почвы; $n$ – число проб ( $n = 8$ ) 2) $ID-CSP = 100 (\Sigma a + \Sigma v + \Sigma c) / 3$ $a$ – проекция крон деревьев; $v$ – проекция кустарников;	1) величина <b>ID-CSP</b> = 100 % обусловлена 100 % проекцией крон деревьев, 100 % проекцией кустарников и 100 % проективным покрытием растений в травяно-кустарничковом ярусе
Ордината: Индекс затенения (англ.: ID shadow from plants) <b>ID-CSP, %</b>	$c$ – проективное покрытие растений-затенителей в травяно-кустарничковом ярусе (растения с крупными пластинками листьев или с тесным расположением мелких пластинок листьев). Всё в долях от единицы	2) наиболее оптимальной для оценки покрытия видов в травяно-кустарничковом ярусе является 5-балльная трансформационная шкала КТШ-5 (Любарский, 1974), где интервалам покрытия растений 0–4–16–36–64–100 (%) соответствуют баллы 1, 2, 3, 4, 5; 3) влажность почвы определяется не менее чем через 7 дней после выпадения осадков
Апplikата: Индекс богатства почвы азотом (англ.: ID nitrogen-rich of the soil) <b>ID-NtRS, %</b>	3) $ID-NtRS = 100 (\Sigma a - \Sigma v) / \Sigma(a + v + c)$ Буквенные символы отражают проективное покрытие растений в травяно-кустарничковом ярусе по группам: $a$ – «нитрофилы», «субнитрофилы»; $v$ – «анитрофилы», «субанитрофилы»; $c$ – фон (виды с широкой экологической амплитудой в режиме богатства почвы азотом)	

**Концепция «Модель определения площади проекции листовой пластинки по метрическим замерам».** Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растений для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Принцип концепции состоит в том, что листовая пластинка растения имеет строго определенную в ботанической терминологии форму и ее можно вписать в овал. Отношение площади геометрической фигуры листовой пластинки (рассчитывается экспериментальным путем доступным способом) к площади овала позволяет получить значение коэффициента коррекции формы «Coefficient of the correction a leaf plate form (*Cef*)» Статус коэффициента подтверждается на различных выборках листьев растения и его среднее по всем

выборкам значение вносится в базовую формулу овала. В базовой формуле необходимо уточнить чему соответствует значение большого и малого диаметра овала на фигуре листовой пластинки. Отрезки, которые могут служить диаметром, не всегда проходят через центр овала, поскольку определить этот центр проблематично на листьях со сложной фигурой. Они подбираются экспериментальным путем, учитывая узор жилкования листовой пластинки. Предлагаю несколько разработанных формул для некоторых фигур проекции листовой пластинки: ланцетная, почковидная, 5-ти лопастная (табл. 2).

Таблица 2. Расчетные формулы для определения площади проекции листовой пластинки растения по метрическим замерам и ключи для определения величин «a» и «b».

Геометрическая фигура в ботанической терминологии	биологический вид растения, на котором был проведен эксперимент	Коэффициент коррекции формы $C_{cf}$
5-ти лопастная	<i>Acer platanoides</i> L.	0,69±0,01
Почковидная	<i>Asarum europaeum</i> L.	0,99±0,02
Ланцетная	<i>Comvallaria majalis</i> L.	0,86±0,01

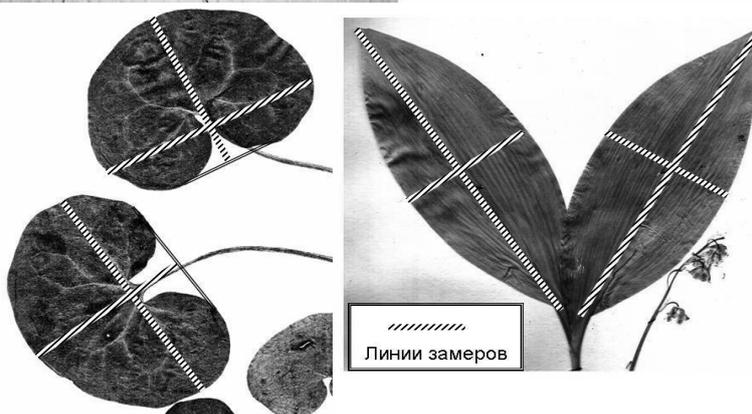
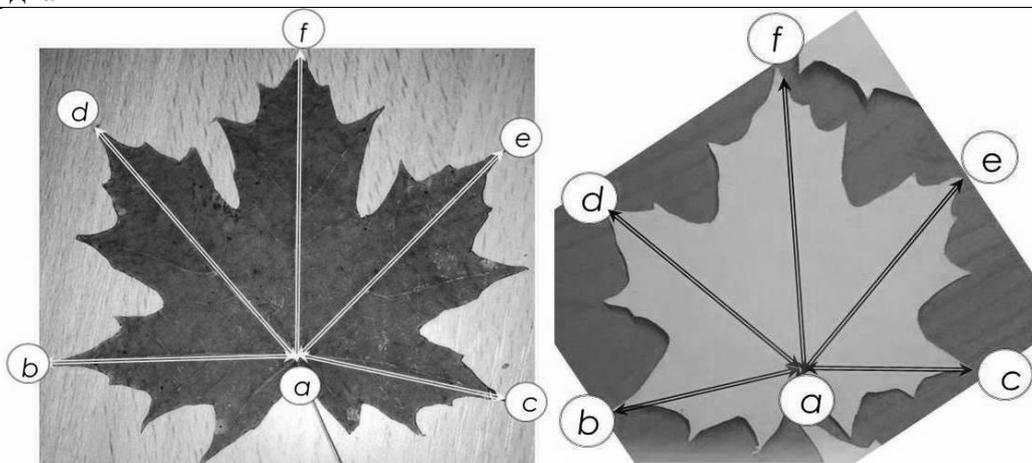
*Acer platanoides*:

$$S = 0,69 \times 0,78 \, af \, (ab+ae+ad+ac)/2 = 0,53 \, af \, (ab+ae+ad+ac)/2 = 0,27 \, af \, (ab+ae+ad+ac)$$

(Федорова, Габдылвалиева, 2019). «a»=af; «b»=(ab+ae+ad+ac)/2 (по обстоятельствам, возможно наличие только 1 составляющей из набора отрезков верхней и нижней пары)

*Comvallaria majalis*:  $S = 0,67ab$  (Федорова, 2013). «a» – отрезок максимальной длины между окончанием центральной жилки и основанием пластинки; «b» – отрезок максимальной длины перпендикулярный к отрезку *a*, между боковыми краями пластинки.

*Asarum europaeum*:  $S = 0,77ab$  (Федорова, 2013). «a» – отрезок максимальной длины между окончанием центральной жилки и воображаемым ее продолжением у основания листовой пластинки; «b» – отрезок максимальной длины перпендикулярный к отрезку *a*, между краями листовой пластинки. Данный отрезок должен соединять 2 точки, которые соответствуют окончаниям радиальных боковых жилок средней пары с переходом их в боковые жилки второго порядка



**Концепция «Полицентрическая модель растения».** Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растений для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Концепция «Полицентрическая модель растения» позволяет по-новому подойти к дифференциации тела растения на 4 элемента, которые представляют собой не органы, а морфо-функциональные центры. Это – центр побегообразования, центр минерального питания, центр органического питания, центр генерации. В этой концепции любое тело растения представляет собой полицентрическую систему. В табл. 3 сопоставлены элементы в двух моделях строения растения. В табл. 4 представлены элементы полицентрической модели растения и их функциональная роль в процессе жизнедеятельности организма растения. Идентификация каждого из морфо-функциональных центров в организме растения конкретного вида требует индивидуального подхода. И для этого целесообразно использовать морфологическую модель растения.

Таблица 3. Элементы в полицентрической и морфологической моделях растения

Полицентрическая модель	Морфологическая модель
Центр органического питания	Ассимилирующий орган (листовая пластинка, сегмент видоизмененного стебля или листа), гаустория (у растения-паразита)
Центр минерального питания	Узел (иногда вместе с прилегающим к нему участком междоузлия) на побегах различного типа в зоне формирования корневой системы различного типа
Центр побегообразования	Узел на побегах различного типа в зоне возобновления (орган: надземный побег, корневище, клубень, корнеклубень, луковица, клубнелуковица). Узел на плагиотропном надземном побеге
Центр генерации	Узел на побегах различного типа в зоне репродукции (орган: соцветие, часть соцветия, цветок, бутон, соплодие, плод, стробил, антеридий, архегоний, спорофилл)

**Примечание:** узел – участок тела растения в системе побега, на котором почки расположены на расстоянии менее 0,4 см

Таблица 4. Элементы полицентрической модели растения и их функциональная роль в процессе жизнедеятельности организма растения

Элемент	Функциональная роль	
Центр:	Формирование: 1. Систем ассимиляции или всасывания органического раствора; 2. Системы, обеспечивающей развитие продуктов вегетативного размножения; 3. Системы всасывания минерального раствора; 4. Системы, обеспечивающей развитие продуктов генеративного размножения	
	основная	дополнительная
органического питания	1	2, 3
минерального питания	3	2
побегообразования	1, 2, 3	1, 3
генерации	4	1, 2, 3

**Концепция «Модель жизненного цикла растения из категории жизненных форм кустарник».** Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растений для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Диагностическая шкала этапов в гипотетическом жизненном цикле растения из категории жизненных форм «Кустарник» представлена в табл. 5. Ключевыми моментами в ней является возрастной этап и две основные фазы развития растения: вегетация, генерация. Диагностический ключ для определения этапа жизненного цикла растения представлен в табл. 6. Ключ универсален и подходит для растений разных видов (Федорова, 2017).

Таблица 5. Шкала этапов гипотетического жизненного цикла растения из категории жизненных форм «кустарник»

Возрастной этап	I		II		III		IV	
Фаза развития растения	вегетация	вегетация	вегетация, генерация	вегетация	вегетация, генерация	вегетация	вегетация, генерация	
Шкала	I <sub>V</sub>	II <sub>V</sub>	II <sub>VG</sub>	III <sub>V</sub>	III <sub>VG</sub>	IV <sub>V</sub>	IV <sub>VG</sub>	

Таблица 6. Диагностический ключ для определения этапа по шкале этапов гипотетического жизненного цикла растения из категории жизненных форм «кустарник»

Черты в морфологической структуре растения	Шкала						
	I <sub>V</sub>	II <sub>V</sub>	II <sub>VG</sub>	III <sub>V</sub>	III <sub>VG</sub>	IV <sub>V</sub>	IV <sub>VG</sub>
Центр генерации в фазе: бутонизация, цветение, плодоношение	–	–	+	--	+	–	+
Доля побегов в кроне, несущих центры ассимиляции, %	100	60≥100		40≥60		0≥40	
Побег, сформированный почкой кроны в год наблюдений	+	+	+	+	+	+	+
Побег, сформированный почкой корня или корневища до года наблюдений	–	+	+	+	+	+	+
Побег, сформированный почкой корня или корневища в год наблюдений	+	-/+	-/+	-/+	-/+	–	–

**Примечание:** крона – это система одревесневших многолетних побегов с экзогенными и эндогенными почками и центрами ассимиляции

**Концепция «Модель распределения растений в популяционной системе по морфо-функциональным группам».** Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растений из категории жизненных форм «Столон-образующие многолетние травянистые». Данную модель рассмотрим на примере одного из видов растения из данной категории жизненных форм – *Potentilla anserina* L. (Rosaceae). Столон представляет собой части видоизмененного соцветия. Он не имеет хорошо развитой механической ткани и по мере роста полегает на почву и имеет плагиотропное направление роста. В морфологической структуре stolона зона растяжения сменяется зоной торможения. В зоне торможения на stolоне формируется узел с ассимилирующим листом, латеральной и придаточными почками. Столон заканчивает свой рост в том случае, когда апикальная почка изменяет свое направление роста с плагиотропного на ортотропное. Это растение может сформировать на побегах различного типа несколько центров побегообразования: 1) розеточный побег; 2) эпигеогенное ортотропное корневище; 3) гипогеогенное ортотропное корневище, сформированное из придаточной почки корня (корневой отпрыск); 4) участок торможения на stolоне. Это растение способно сформировать несколько центров минерального питания в зоне формирования корневой системы придаточного типа на побегах различного типа: 1) розеточный побег; 2) эпигеогенное ортотропное корневище; 3) участок торможения на stolоне. Это растение способно сформировать центры генерации на концах ортотропных ветвей побега, берущего свое начало из апикальной или латеральной почки, сформированной на розеточном побеге или в зоне торможения на stolоне. На разных этапах онтогенеза организм растения выбирает один из вариантов развития: стремиться к формированию нескольких центров побегообразования и минерального питания и к формированию хотя бы 1 центра генерации, или же не стремиться к этому. Эта особенность развития растения позволяет структурировать состав популяционной системы на 4 морфо-функциональные группы (табл. 7). Гипотетический жизненный цикл организма растения из категории жизненных форм «Столон-образующие многолетние травянистые» и вероятность распределения организмов на разных этапах онтогенеза по морфо-функциональным группам представлены на рис.

**Алгоритм проведения популяционного исследования растений в природной среде.**

Этап 1. Составление геоботанического описания местообитания растения и определение координат в 3D модели экологической амплитуды местообитаний растений. Этап 2. Отбор контрольных образцов растения, их осмотр и проведение необходимых замеров различных органов. Этап 3. Описание элементов полицентрической модели строения растения с помощью морфологической модели растения. Этап 4. Описание гипотетического жизненного цикла растения в концепции «Полицентрическая модель растения». Этап 5. Статистическая и математическая оценка откликов популяционной системы растения на местообитание. Этап 6. Описание развития гипотетического организма растения в различных местообитаниях. Этап 7. Диагностика состояния популяционной системы растения в природной среде и прогноз ее развития на ближайшее будущее.

Таблица 7. Характеристика элементов модели распределения растений в популяционной системе по морфо-функциональным группам.

Наименование группы и ее символ	Элементы полицентрической модели растения	Функциональная роль группы
<i>mcv</i> моноцентрическая вегетирующая (monocentric vegetative)	1 центр побегообразования, 1 центр минерального питания	накопление биомассы
<i>pcv</i> полицентрическая вегетирующая (polycentric vegetative)	2 и более центров побегообразования, 1 и более центров минерального питания	накопление биомассы, вегетативное размножение
<i>mcs</i> моноцентрическая генерирующая (monocentric generative)	1 центр побегообразования, 1 центр минерального питания, 1 и более центров генерации	накопление биомассы, генеративное размножение
<i>pcg</i> полицентрическая генерирующая (polycentric generative)	2 и более центров побегообразования, 1 и более центров минерального питания, 1 и более центров генерации	накопление биомассы, генеративное и вегетативное размножение

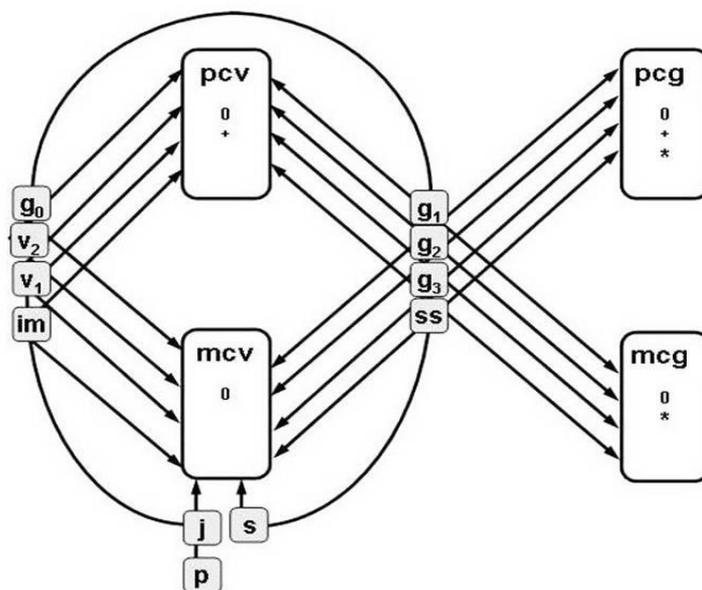


Рис. Гипотетический жизненный цикл растения из категории жизненных форм «Столон-образующие многолетние травянистые» в популяционной системе: онтогенетические группы (*p*, *j*, *im*, *v1*, *v2*, *g0*, *g1*, *g2*, *g3*, *ss*, *s*); морфофункциональные группы (*mcv*, *pcv*, *mcs*, *pcg*); <sup>0</sup> – наличие центра ассимиляции; + наличие нескольких центров побегообразования, \* наличие центра генерации