

## Концепция «полицентрическая модель растения» – методологическая основа популяционной экологии растений<sup>1</sup>

В середине XX века в ботанической науке начало формироваться особое направление – популяционная экология растений. Объектом исследования в этом направлении ботаники стал не отдельный организм растения, а система организмов, обитающих в определенных условиях среды. В настоящее время данное направление находится на стадии формирования методологии. Критические взгляды на фундаментальные основы ботаники сформировались в сознании на основе большого опыта проведения научно-исследовательской работы с разными видами растений с многолетним циклом развития в различной среде обитания [1–7].

Цель данной статьи – представить концепцию «Полицентрическая модель растения» и показать перспективу ее использования для методологических разработок в области популяционной экологии растений.

### 1. Две концепции «Морфологическая модель растения» и «Полицентрическая модель растения»

Сотни лет ботаники мира работают в рамках концепции «Морфологическая модель растения». Данная концепция предполагает структурирование тела растения по внешним критериям. В этой модели гипотетическое тело растения сформировано чередой сменяющих друг друга органов. Концепция «Морфологическая модель растения» учитывает всё разнообразие органов, которые распределены по двум категориям: «Репродуктивные органы» и «Вегетативные органы». Подробное описание органов способствует более наглядному представлению образа растения в голове наблюдателя и позволяет визуально отграничить один вид растения от другого. Это очень важно на этапе познания разнообразия растительного мира. Однако в процессе описания растения ученый вынужден использовать очень большое количество морфологических критериев, разнообразный терминологический аппарат и обязан уметь структурировать тело растения на многочисленные элементы. Это не простая работа. И, как правило, у каждого исследователя есть своя собственная система морфологических оценок, которую он использует для идентификации того или иного элемента в непрерывном теле растения. Исследование варьирования элементов морфологической модели растения представляет особый интерес. Однако углубление в морфологию отдельных частей растения не позволяет разработать универсальные диагностические ключи, которые необходимы на пути решения экологических проблем. Субъективный взгляд на каждый из многочисленных элементов в теле растения и разночтения в их написании вносят путаницу, что затрудняет взаимопонимание между учеными.

Концепция «Полицентрическая модель растения» позволяет по-новому подойти к дифференциации тела растения на 4 элемента, которые представляют собой не органы, а морфофункциональные центры. Это центры: побегообразования; минерального питания; органического питания; генерации. В этой концепции любое тело растения представляет собой полицентрическую систему. В таблице 1 сопоставлены элементы в двух моделях структурирования тела растения. В таблице 2 представлены функциональная роль элементов полицентрической модели растения и вероятное участие их в формировании продукта вегетативного и гене-

\* С. В. Федорова, Казанский (Приволжский) федеральный университет (Казань).

E-mail: S.V.Fedorova@inbox.ru

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках проекта «Повышение конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета».

ративного размножения. Идентификация каждого из морфофункциональных центров в теле конкретного вида растения требует индивидуального подхода. И для этого целесообразно использовать морфологическую модель растения.

Таблица 1

**Соответствие элементов в «Полицентрической»  
и «Морфологической» моделях растения**

Полицентрическая модель	Морфологическая модель
Центр органического питания	Ассимилирующий орган (листовая пластинка, сегмент видоизмененного стебля или листа), гаустория (у паразитического растения)
Центр минерального питания	Зона перехода корень – побег
Центр побегообразования	Узел в зоне возобновления побега (орган: ассимилирующий побег, корневище, клубень, корнеклубень, луковица, клубнелуковица)
Центр генерации	Узел в репродуктивной зоне побега (орган: соцветие, часть соцветия, цветок, бутон, соплодие, плод, стробил, антеридий, архегоний, спорофилл)

*Примечание:* узел – участок побега с расстоянием между почками менее 0,4 см.

**2. Элементы растительности и шкала дигрессии растительности степи**

Так случилось, что я многие годы занималась популяционным анализом растений из различных категорий жизненных форм и неожиданно столкнулась с проблемой пастбищной дигрессии растительности степи в Монголии. Работа в тандеме с аспиранткой из Монголии и личные наблюдения [6; 7] за различными пастбищами в степях Центральной Монголии (в том числе в Гоби) летом 2016 г. в рамках Международной комплексной экспедиции, организованной Институтом географии и экологии Монгольской академии наук, натолкнули меня на размышления. Результат этих размышлений представляю Вашему вниманию.

Таблица 2

**Элементы полицентрической модели растения: функциональная роль  
и вероятное участие в формировании продукта вегетативного  
и генеративного размножения**

4 элемента	Функциональная роль Формирование:		Вероятное участие в формировании продукта размножения	
	основная	дополнительная	вегетативное	генеративное
орган органического питания	1	2, 3	+	–
минерального питания	3	2	+	–
побегообразования	1, 2, 3	1, 3	+	–
генерации	4	1, 2, 3	+	+

Понятие «степь» многозначно. Остановлюсь на том, что это безлесный тип растительности, сформированный преимущественно растениями-ксерофитами из разных категорий жизненных форм. В нормально развивающейся степи доминируют многолетние травянистые растения, формирующие дерновины. Могут произрастать кустарнички и низкорослые кустарники с глубокими и мощными корнями, а также однолетние травянистые растения. Все представители травянистых растений, полукустарники, кустарнички и низкорослые кустарники входят в состав травяно-кустарничкового яруса и покрывают почву. В степи могут произрастать кустарники с хорошо развитой кроной. Они формируют кустарниковый ярус, и их кроны смыкаются над представителями травяно-кустарничкового яруса. Отдельно стоящие деревья также могут произрастать в степном ландшафте.

Выделить фито-идентификаторы для шкалы дигрессии растительности степи можно на основе двух геоботанических показателей: 1) совокупной проекции крон в кустарниковом ярусе; 2) процентной доли многолетних травянистых растений, способных к формированию дерновины в составе травяно-кустарничкового яруса.

Если сомкнутость крон превышает 60 %, то можно утверждать, что степной тип растительности сменился на тип растительности буш. Если процентная доля многолетних травянистых растений, способных к формированию дерновины в составе травяно-кустарничкового яруса, меньше, чем 10 %, то можно говорить о том, что степной тип растительности сменился на тип растительности пустыня. Однако каким образом можно оценить данную долю? Этот вопрос поставил задачи, которые необходимо решить: 1) разработать универсальный диагностический ключ для выделения основных элементов растительности; 2) с учетом элементов растительности разработать формулу для определения коэффициента дигрессии растительности степи.

В таблице 3 представлен диагностический ключ для определения элементов растительности, основанный на дифференциации растений по ряду критериев в концепции «Полицентрическая модель растения». Таких элементов 5. Они объединяют растения из разных категорий жизненных форм следующим образом: I – однолетние растения, II – многолетние травянистые растения, способные сформировать дернину, III – многолетние травянистые растения с удлиненными плагиотропными побегами, низкорослые кустарники с длинными плагиотропными корнями и кустарнички; IV – кустарники с хорошо развитой кроной и деревья, способные к формированию корневых отпрысков; V – деревья, не способные к формированию корневых отпрысков.

Таблица 3

**Диагностический ключ для определения элемента растительности**

Индикаторы, характеризующие максимально развитые гипотетические индивиды растений	Условный номер элемента				
	I	II	III	IV	V
Количество центров побегообразования, шт.	1	1 >	1 >	1 >	1
Количество центров минерального питания, шт.	1	1 ≥	1 >	1 >	1
Побег, сформированный почкой кроны	–	–	–	+	+
Побег, сформированный почкой корня или корневища	–	–/+	–/+	–/+	–
Расстояние коммуникационного участка побега или корня между центрами побегообразования, см	–	≥ 0,4	0,4 >	0,4 >	–

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

Используя данный диагностический ключ на материале стандартного геоботанического описания фитоценоза, можно провести математически точный расчет коэффициента дигрессии растительности степи «Coefficient digression of stepe vegetation»  $C_{dsv}$ , %. Для этого необходимо определить проективное покрытие каждого из видов растений по 5-балльной радикализированной шкале, как предложил Е. Л. Любарский. В ней баллам: 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют интервалы покрытия до 4–16–36–64–100 %. Формула для определения коэффициента дигрессии такова, что в ней учтены элементы растительности степи, формирующие травяно-кустарничковый ярус:  $C_{svd} = 100 \times (\Sigma a / \Sigma(a + b + c))$ . Здесь  $\Sigma$  – сумма баллов покрытия растений, формирующих тот или иной элемент растительности:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – соответствуют элементам II, I и III.

В таблице 4 представлена шкала дигрессии растительности степи и ее фито-идентификаторы. Логические размышления и математический расчет привели меня к тому, что наиболее целесообразно выделить 5 стадий дигрессии степи. Границы стадий дигрессии математически определены с помощью коэффициента дигрессии и проекции крон кустарников.

Таблица 4

### Шкала дигрессии растительности степи и ее фито-идентификаторы

Пункт на шкале	$C_{dsv}$ , %	Проекция крон кустарников, %
Нормальная степь	$60 \geq 100$	$1 > 10$
Стадия дигрессии I	$50 > 60$	$10 > 20$
Стадия дигрессии II	$40 > 50$	$20 > 30$
Стадия дигрессии III	$30 > 40$	$30 > 40$
Стадия дигрессии IV	$20 > 30$	$40 > 50$
Стадия дигрессии V	$10 > 20$	$50 \geq 60$
Деградированная степь	$1 \geq 10$ (пустыня)	$60 \geq 100$ (буш)

### 3. Шкала этапов жизненного цикла кустарника и диагностический ключ для определения этапа

Наиболее перспективным для широкого использования в ботанической и экологической практике представляется методологический подход, в котором субъективная оценка в определении этапа жизненного цикла растения будет сведена до минимума. Теоретики стремятся к созданию универсальной шкалы этапов гипотетического жизненного цикла растения с целью повышения эффективности проведения диагностики состояния местообитания.

Вашему вниманию предлагается диагностическая шкала этапов в гипотетическом жизненном цикле кустарника (табл. 5). Ключевыми моментами в ней является возрастной этап и 2 основные фазы развития растения: вегетация, генерация.

Таким образом, предложенная концепция «Полицентрическая модель растения» предоставляет ученому возможность разработки математически точных фито-идентификационных шкал для решения разнообразных задач популяционной экологии растений.

Таблица 5

### Шкала этапов гипотетического жизненного цикла кустарника

Возрастной этап						
I	II		III	IV		
основная фаза развития растения						
вегетация	вегетация	вегетация, генерация	вегетация	вегетация, генерация	вегетация	вегетация, генерация
шкала						
$I_V$	$II_V$	$II_{VG}$	$III_V$	$III_{VG}$	$IV_V$	$IV_{VG}$

## Литература

1. Федорова С. В. Особенности формирования полицентрической системы *Ranunculus repens* L. (Ranunculaceae) в модельной популяции // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2012. – № 11. – С. 201–206.
2. Федорова С. В. *Asarum europaeum* L. (Aristolochiaceae): полицентрическая модель строения организма, морфометрия, продуктивность // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2015. – № 14. – С. 308–313.
3. Федорова С. В. Сезонный ритм развития полицентрических систем в ценопопуляции *Convallaria majalis* L. (Convallariaceae) [Электронный ресурс] // Бюлл. БСИ ДВО РАН. – 2015. – Вып. 14. – С. 11–27.
4. Федорова С. В. Полицентрическая модель растения - как инструмент для диагностики популяционной системы // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования : материалы Всеросс. с междунар. участием научной школы-конференции, посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова (Пенза, 10–14 мая, 2016 г.). – Пенза, 2016. – С. 188–191.
5. Федорова С. В. Принципы организации популяционного исследования растений, способных к вегетативному размножению // Экологическое краеведение: материалы II Всерос. с междунар. участием науч.-пр. конф. (Ишим, 16 апреля 2016 г.). – Ишим, 2016. – С. 73–80.
6. Федорова С. В. Доминанты степных пастбищ Монголии: популяционный аспект // Проблемы популяционной биологии : материалы XII Всеросс. популяционного семинара памяти Н. В. Глотова (Йошкар-Ола, 11–14 апреля, 2017 г.). – Йошкар-Ола, 2017. – С. 241–244.
7. Федорова С. В. Доминант степных пастбищ Монголии – *Stipa krylovii* Roshev. (Poaceae): популяционный аспект // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2017. – № 16. – С. 161–165.

**S. V. Fedorova,**

Kazan (Region Volga) Federal University (Kazan)

### THE CONCEPT OF «POLYCENTRIC MODEL PLANTS» – METHODOLOGICAL BASIS OF POPULATION ECOLOGY OF PLANTS

The purpose of this article is to present the concept of the «Polycentric model plants», which I developed on the great experience of research work in the field of population ecology of plants. Two concepts «Morphological model plants» and «Polycentric model plants» are described and compared in the article. The functional role and probable participation in the formation of the product of the vegetative and generative multiplication of the elements of the polycentric model of the plant is determined. The perspective of using this concept for methodological developments in the field of population ecology of plants is shown on a number of examples. These are: 1) «Diagnostic key for determining the element of vegetation», formula for determining the «Coefficient of digression vegetation steppe» and the «Scale of vegetation vegetation steppe scale» and its phyto-identifiers developed on its basis; 2) «Scale of stages of a hypothetical life cycle of a bush» and «Diagnostic key for determining the stage of a hypothetical life cycle of a bush».