

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/321859497>

Modelling of potential coenofloras

Article · January 2005

CITATIONS

3

READS

24

1 author:



[Igor V. Goncharenko](#)

National Academy of Sciences of Ukraine

191 PUBLICATIONS 1,135 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



DRSA, a new robust and fast clustering technique for vegetation classification [View project](#)



Classification of vegetation of the Kiev (Kyiv) Polissya and Forest-Steppe region [View project](#)

УДК 58.08+519.237

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЦЕНОФЛОР

И.В.Гончаренко

Киевский университет им. Тараса Шевченко

Фитоценоз представляет собой относительно однородный контур растительности, образованный совокупностью видов со сходными требованиями к условиям экотопа, сочетающихся в определенных количественных соотношениях. Это сочетание динамично, носит в большей мере вероятностный характер, что связано с недетерминированностью ценологических систем. Однако каждой точке градиента соответствует некоторое равновесное состояние флористической композиции, сложенной видами, амплитуды которых перекрывают данный участок градиента. Назовем фитоценоз, состоящий из таких видов, *потенциальным*, поскольку реально в природе мы постоянно наблюдаем флуктуации видового состава действительных фитоценозов, приводящие к тому, что реальный видовой состав фитоценоза содержит некоторое количество т.н. "случайных" видов и отличен от потенциального. Говоря о "случайных" видах, геоботаник подразумевает виды, приуроченные к иным экотопам, иначе, со смещенной относительно условий данного фитоценоза амплитудой.

Понятие "потенциальной растительности" встречалось в ботанической литературе. Вероятно впервые этот термин был использован Р. Тюксеном в 1953 г. для обозначения растительности, формирующейся в отсутствие антропогенного воздействия. В контексте "расчета потенциальной флоры биотопов" в зависимости от климатических факторов термин "потенциальная флора" упоминается также О.В. Смирновой [3]. В целом, понятие "потенциальной" растительности встречается в работах западноевропейских ученых, но трактовалось оно по-разному [4]. Таким образом в науке о растительном покрове уже встречались попытки сопоставить некоторое современное состояние растительного покрова с потенциальным, предполагаемым исходя из положения об отражении растительностью экологических условий территории и полного соответствия между ними.

В нашем понимании *потенциальный фитоценоз* - это абстрактный фитоценоз, состоящий из видов с наиболее близкими экологическими амплитудами, с одной стороны, "близкими" в сравнении этих видов друг с другом, с другой – "близкими" к условиям данного экотопа. Иначе говоря, это фитоценоз лишенный "случайных видов", некоторое рафинированное состояние экологической гомогенности видового состава, который представлен плеядой тесно ассоциированных видов. Заметим, что хотя выделение такой абстракции условно, но подобный процесс осуществляется всякий раз при классификации растительности, ведь в один синтаксон объединяют фитоценозы со сходным видовым составом. Поэтому рассматриваемый метод, который в дальнейшем мы назовем *фитоценологическим моделированием потенциальных ценофлор*, теснейшим образом связан с классификацией растительности, собственно говоря, он является самостоятельной надстройкой над классификацией, используя результаты последней ставит иную задачу: имея классификацию растительности, "рассчитать" видовой состав для любого экотопа, любой точки градиента. Подобная "надстройка" над классификацией столь же естественна, как единство анализа и синтеза в мыслительной деятельности. Ведь по сути вся классификация - это анализ, поиск закономерности в группировании видов, которым и заканчиваются исследования геоботаников в большинстве случаев. А вот методического и теоретического обоснования для использования созданной абстрактной модели растительности в расчетах "потенциального" видового состава предложено не было, хотя сама классификация по сути этот "потенциальный" видовой состав отражает, но только в тех точках градиента, где были выделены синтаксоны, а не в любой точке градиента, расположенной в том числе между синтаксонами.

Что представляет собой константность видов в том или ином синтаксоне, являющегося участком градиента? По сути два основных фактора определяют эту величину - взаимное положение амплитуды вида и центроида синтаксона, а также история формирования конкретной флоры, отложившая отпечаток на общей встречаемости вида на данной территории. В первом случае уместно говорить об экологической (топологической) дифференциации, определяющей отличия одного синтаксона от другого в пределах одной территории. Во втором случае следует говорить о флористической (исторической) дифференциации, определяющей отличия одного синтаксона от тождественного по экологии, но из другой конкретной флоры. Если же речь идет о сравнениях в пределах единой естественной территории, то мы имеем дело только с экологической дифференциацией, а константность видов можно уподобить величине ординат амплитуд видов вдоль оси ординации. Поэтому в дальнейшем мы будем говорить только об экологической дифференциации.

Итак задача данного метода состоит в проведении "среза" через амплитуды видов в выбранном участке градиента. Перпендикуляр, восстановленный в этом участке и определяющий линию среза, в

зависимости от удаленности оптимума видов пересекает их амплитуды при разной величине ординаты. Если величину этой ординаты принять в качестве количественного критерия, определяющего степень тяготения вида к моделируемому фитоценозу, и отсортировать виды в порядке убывания этой ординаты, имеем право говорить о потенциальном фитоценозе для данной точки градиента. Поэтому потенциальный фитоценоз всегда имеет определенные координаты, собственно говоря, это избранная точка многомерного пространства экологических факторов. Он обладает лишь координатами в гиперпространстве осей флористической композиции (синтаксономическое пространство) или отдельных факторов (экологическое пространство), а видовой состав прогнозируется и определяется после отбора видов, тяготеющих к точке градиента с заданными координатами. Сам же потенциальный фитоценоз становится объектом *моделирования*, основанного на “разворачивании” информации, которая предварительно обобщалась и упрощалась при классификации с использованием выборочного метода исследования растительности, и использовании этой информации для определения промежуточных (переходных) состояний флористической композиции непрерывного и плавного градиента. Приняв исходные упрощения, что потенциальный фитоценоз зависит только от близости ценотического оптимума амплитуды отдельного вида точке, куда проектируется потенциальный фитоценоз, для расчетов нуждаемся только в двух составляющих. С одной стороны - координаты потенциального фитоценоза, это задаваемый аргумент, с другой – параметры амплитуд видов, являющихся “претендентами” на включение в состав потенциального фитоценоза.

Материалы и методы исследования

В качестве фактического материала для апробации данной методики использовались результаты геоботанического исследования, дополненные некоторыми данными по синтаксономии из литературных источников по составу ценофлор основных синтаксонов Левобережной Лесостепи и Полесья Украины. Синтаксономические таблицы классификации Браун-Бланке с рассчитанной константностью для всего списка видов представляют собой концентрированную форму данных о видовых амплитудах. Из более чем 750 геоботанических описаний для расчетов было выбрано 260 описаний, таким образом, чтобы они охватили в достаточной и приблизительно равной повторности все основных типы экотопов. При этом в описаниях оказалось почти 600 видов.

Общая блок-схема, поясняющая использование рассматриваемого здесь метода, показана на рис. 1. В общем назовем эту структуру *анализатором*.

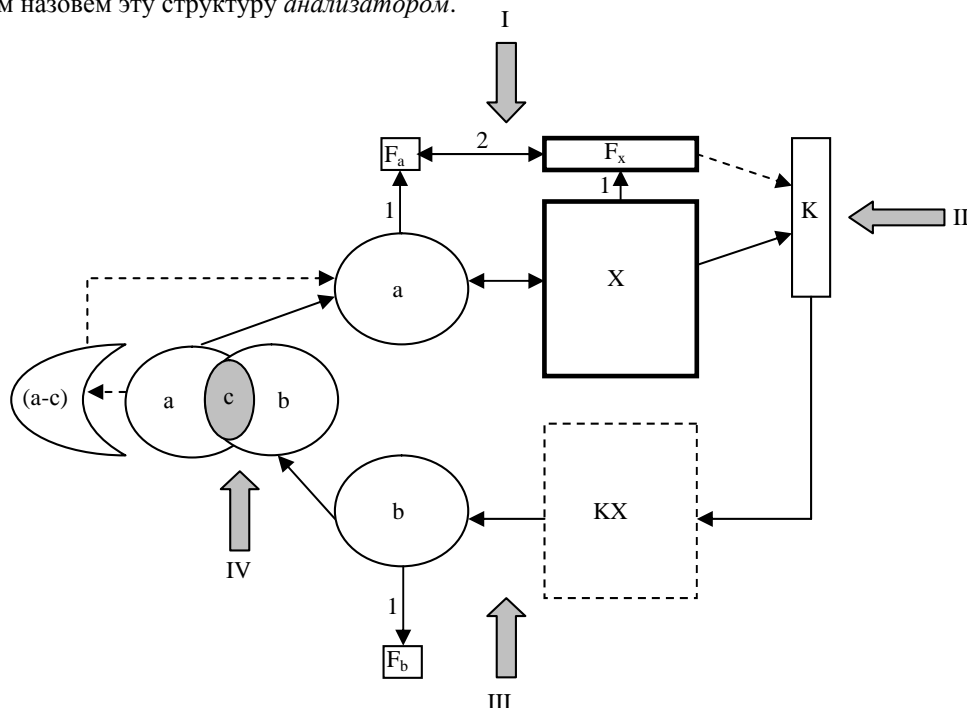


Рис. 1 Блок-схема фитоценотического анализатора

Условные обозначения: а – действительный фитоценоз, b - соответствующий потенциальный фитоценоз, c - фитоценотическое ядро, (a-c) – атипичный элемент, F_a – массив фитоиндикационных оценок факторов, полученный для действительно фитоценоза, F_b – тоже для потенциального, X – постоянная часть анализатора, фитоценотическая матрица вида “вид-синтаксон-константность”, F_x – массив усредненных фитоиндикационных оценок каждого из синтаксонов, K - массив коэффициентов сходства(расстояния) всех пар сравнения “фитоценоз-синтаксон”, KX – отраженная матрица, получаемая поэлементным умножением $K \cdot X$. Этапы исследования: I - аналитический, II - распознавания, III - синтетический, IV - сравнения

Анализатор - вся совокупность необходимых данных и методов их преобразования, достаточность которых позволяет произвести замкнутый цикл следующих операций: определение расстояния потенциаль-

ного фитоценоза к синтаксонам, расчет потенциального участия видов, подбор видов по степени близости их ценологических амплитуд, сравнение потенциального и действительного видового состава фитоценоза.

Анализатор способен "распознавать" входной информационный сигнал в виде массива a , содержащего данные о видовом составе некоторого действительного фитоценоза. При этом информация кодируется в альтернативном виде как последовательность (0-1), обозначая отсутствие-наличие вида. После применения описываемого далее алгоритма анализатор дает на выходе массив b , представляющий данные о потенциальном фитоценозе и содержащий список видов *потенциальной ценофлоры*. Каждый вид в массиве b снабжен ранговой характеристикой, показывающей степень этого тяготения. Путем сопоставления действительного и потенциального видового состава, устанавливаются общие виды для обоих фитоценозов (ядро фитоценоза) и присутствующие только в одном из них (ожидаемые и атипичные виды).

Стрелками, проведенными пунктиром, показаны факультативные пути анализатора, а объекты, обозначенные пунктиром (массив КХ), представляют вспомогательные данные. Все составляющие анализатора удобно разделить на *определяемые (входные), постоянные и рассчитываемые (выходные)*. Определяемым является в первую очередь массив a , содержащий данные о текущем видовом составе действительного фитоценоза. Массив F_a может быть как определяемым, так и рассчитываемым, он получается в результате применения метода фитоиндикации [1]. Постоянной частью анализатора является массив X , содержащий данные о постоянстве видов в синтаксонах, которые являются, по сути, именованными участками комплексного градиента. Размерность массива X вдоль одной стороны определяется количеством видов в объединенном списке, вдоль другой - количеством синтаксонов, выделенных в ходе классификации растительности. Рассчитываемыми составляющими анализатора является массив K , содержащий коэффициенты сходства между текущим действительным фитоценозом a и каждым из синтаксонов массива X , промежуточный массив КХ, а также массивы b и F_b , представляющие данные о видовом составе потенциального фитоценоза и рассчитанные для него фитоиндикационные показатели соответственно. Следует различать несколько этапов исследования.

Аналитический этап. Путем сопоставления видового состава текущего действительного фитоценоза и каждого из синтаксонов определяется его положение в конфигурации ординационного поля ассоциаций. При этом рассчитываются меры связи, причем число последних совпадает с размерностью массива X вдоль стороны, содержащей описания, и эти данные помещаются в динамически изменяемый массив K . Связь пары "фитоценоз-ассоциация" может быть рассчитана как через флористические параметры, так и по "экологическому расстоянию". Во втором случае имеем, с одной стороны, массив F_x , содержащий усредненные фитоиндикационные оценки синтаксонов, с другой - фитоиндикационные показатели, рассчитанные для действительного фитоценоза F_a . К данной паре сравнения применен дискриминатный анализ, здесь F_x - выступает эталонной обучающей выборкой в "обучении с учителем", как зачастую называют дискриминатный анализ. Количество дискриминатных переменных соответствует числу учтенных экофакторов, а получаемые значения классифицирующей функции заносятся в массив K .

Этап распознавания. Непосредственно следующий за аналитическим этап, в котором используются элементы массива K для определения синтаксона, к которому в наибольшей степени тяготеет действительный фитоценоз.

Синтетический этап. Наиболее важный этап, на котором с использованием интерпретатора определяется потенциальный видовой состав, где оценка вида зависит от постоянства в синтаксонах, ближайших к центру действительного фитоценоза.

Количественную оценку вида, определяющую вероятность его включения в потенциальный фитоценоз по теоретически рассчитанной ординате амплитуды в заданной точке градиента, называем *потенциальным участием* вида.

Интерпретатор - это правило, по которому определяется потенциальное участие вида, собственно это и есть механизм, "преломляющий" флористическую композицию моделируемого фитоценоза a через постоянную часть анализатора X , содержащую данные об экологической дифференциации растительности и перераспределении видов между синтаксонами.

Этап сравнения. На этом этапе сопоставляются массивы a и b , соответствующие действительному и потенциальному видовому составу фитоценоза. Выделяются три категории видов:

Фитоценозотическое ядро - виды, общие для действительного и потенциального фитоценозов, гармонирующие со средой обитания, сопряженность которых обусловлена тяготением к заданному участку градиента, включающему центр действительного фитоценоза. На рис. 1 они обозначены через c .

Атипичные виды - часть действительного видового состава, которая тем не менее слабо сопряжена с ядром сообщества, это виды, тяготеющие к иным местообитаниям, присутствие которых связано с действием факторов нарушения идеальности сообщества, в результате чего атипичные виды замещают ожидаемые. Атипичные виды присутствуют только в действительном фитоценозе. Факторами нарушения идеальности сообщества мы называем все влияния, которые приводят к появлению различий между

потенциальным и действительным видовым составом. Преимущественно это факторы неэкотопической природы, в т.ч. популяционные механизмы, экосистемные взаимоотношения, время, ограничивающее окончательную дифференцировку ниш видов, случайность и т.д.

Ожидаемые виды - присутствуют лишь в потенциальном видовом составе, и сопряжены с фитоценотическим ядром, встречаются обычно на тождественных местообитаниях. В силу действия факторов нарушения идеальности сообщества они замещены атипичными видами и не представлены в действительном фитоценозе. Их число составляет (b-c) (рис. 1).

Перейдем к рассмотрению интерпретатора. Как отмечалось, интерпретатор - основное правило моделирования потенциальных ценофлор, по которому производится отбор и сортировка видов потенциального фитоценоза. Возможны два способа расчета близости исследуемого фитоценоза и каждого из известных синтаксонов.

Способ 1. Представим, что синтаксоны определенного региона упорядочены вдоль какого-либо градиента, будь-то градиент отдельного фактора или ось максимального варьирования растительности. В таком случае значения константности каждого вида в ряду этих синтаксонов представляют собой опорные точки амплитуд видов, нанесенные на градиенте на расстояниях, соответствующих сопряженности пары соседних синтаксонов. Обозначим последовательность этих величин (X_1, X_2, X_n), причем каждый вид характеризуется уникальным набором таких значений. Пусть имеем некоторый фитоценоз из видов А, Б, В, причем в некоторой ассоциации 1 они представлены с константностью $[0:0,2:0,3]$, в ассоциации 2 - с константностью $[0:0,1:0,1]$. Учтявая, что каждый фитоценоз сравнивается с одинаковым числом синтаксонов, содержащихся в матрице X, вполне приемлемо взять наиболее простую меру связи "фитоценоз-ассоциация", а именно - сумму величин константности видов действительного фитоценоза по каждой из ассоциаций, в нашем случае 0,5 и 0,2 соответственно. Такие данные помещаются в рассчитываемый массив K, максимальная размерность которого соответствует числу синтаксонов, представленных в постоянной части анализатора.

Способ 2. Существует косвенный метод определения связи "фитоценоз-ассоциация" через экологические параметры, рассчитанные по методу фитоиндикации (на рис 1 такие участки анализатора помечены цифрами 1 и 2). Учтывается максимально возможное число факторов можно добиться высокой точности в определении места потенциального фитоценоза в ординационном поле. В нашем случае были учтены кислотность, солевой режим, содержание минерального азота и карбонатов в почве и влажность, а расчеты проведены по методу определения средневзвешенной напряженности фактора с использованием унифицированных аутоэкологических шкал [1]. В результате получен массив Fa, размерность которого зависит от числа учтенных факторов, а с другой стороны - массив усредненных фитоиндикационных оценок Fx для групп фитоценозов с известной синтаксономической принадлежностью. Как отмечалось, для их сравнения применен дискриминантный анализ, многомерный линейный метод, используемый для разработки правил классификации объектов по заданным параметрам относительно ранее определенных классов. Метод ранее использовался геоботаниками для проведения распознавания среды по растительному покрову, хотя и не приобрел такой популярности как кластерный или факторный анализ. Не останавливаясь в деталях на математических основах метода, заметим что в результате дискриминантного анализа получается система классифицирующих уравнений линейного вида, где аргументами являются экологические факторы (дискриминантные переменные), коэффициенты в уравнениях рассчитываются эмпирическим путем в ходе анализа, а значение дискриминантной функции и является критерием отнесения некоторого фитоценоза к определенной ассоциации. Нормированное значение классифицирующей функции принимается мерой связи "фитоценоз-ассоциация" по экологическим параметрам, а совокупность таких значений присваивается массиву K.

В отдельном исследовании нами было показано, что качество распознавания (способ 2) несколько меньше при использовании экологических параметров, но этот подход имеет и положительные стороны. Во-первых, значительно уменьшается размерность массивов Fa и Fx в сравнении с массивами, полученными по флористическим показателям, но гораздо важнее тот факт, что массив из рассчитываемого может превратиться в определяемый, иначе говоря исследователь может задавать экологические параметры, т.е. решать экологическую задачу подобно следующей: "Каков видовой состав фитоценоза, формируется при конкретных значениях кислотности? Каковы возможные изменения в видовом составе, если кислотность снизится, например, на 30% от исходной и т.п.". Аспекты решения такой задачи будут освещены нами в отдельном сообщении и имеют немаловажное практическое применение.

Итак в любом из двух указанных способов результатом является присвоение массиву K значений, характеризующих связь действительного фитоценоза с каждым из синтаксонов. В ординационной модели эти значения можно представить как расстояние между центром моделируемого фитоценоза и точками-синтаксонами. Работа с массивом K является самостоятельной частью анализа на этапе распознавания. Наибольший элемент массива K соответствует наиболее близкому синтаксону, поэтому таким обра-

зом можно решить проблему распознавания синтаксономической принадлежности определенного фитоценоза не прибегая к стандартной процедуре классификации растительности.

Следующим является синтетический этап, задачей которого является ответ на вопрос: какова же вероятность вхождения в потенциальный фитоценоз конкретного вида? Рассмотрим упрощенную геометрическую модель, где А и В амплитуды двух видов, ординаты которых нам известны только в точках, соответствующих центроидам синтаксонов (рис. 2). Требуется найти величину ординаты h амплитуды в потенциальном фитоценозе О, занимающем такое положение на градиенте, что расстояние его до синтаксона 1 составляет l_1 , а до синтаксона 2 – l_2 . Обозначим $CA = x$, $AO = l_1$, $OB = l_2$, $AA_2 = h_1$, $OO_1 = h$, $BB_1 = h_2$. Если синтаксоны отстоят друг от друга на незначительное расстояние, отрезок CB_1 можно считать прямым. Из подобия треугольников $\triangle CAA_2$, $\triangle COO_1$, $\triangle CBB_1$ можно записать $h/h_1 = x/(x+l_1)$, $h_1/h_2 = x/(x+l_1+l_2)$, $h = (h_1 \cdot l_2 + h_2 \cdot l_1) / (l_1 + l_2)$. Множественность учета синтаксонов в расчете критерия в определенной степени снимает ограничения, связанные с принятыми. Каков же смысл критерия h ? Он показывает теоретически рассчитанную величину ординаты амплитуды вида в данной точке градиента, с другой стороны – это весовой критерий участия вида в потенциальном фитоценозе, иначе говоря, искомое. Эта величина зависит от постоянства вида в ряду близких синтаксонов, подобия между ними и положения амплитуды вида относительно центроида потенциального фитоценоза, и названа *потенциальным участием* вида. Чем ближе потенциальный фитоценоз некоторой ассоциации, тем больше потенциальное участие в нем видов высоконстантных в пределах этого синтаксона. Поэтому в общем виде можем записать:

$$h = (l_1 \cdot h_1 + l_2 \cdot h_2 + \dots + l_n \cdot h_n) / (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \quad (\text{формула 1})$$

где h – искомое потенциальное участие вида в потенциальном фитоценозе, l_1, l_2, l_n – меры сходства (расстояния) всех пар “фитоценоз-синтаксон”, содержимое массива K (рис. 1), n – общее количество синтаксонов классификационной схемы, h_1, h_2, h_n – константность определенного вида в данном наборе синтаксонов, фитоценоцикл вида.

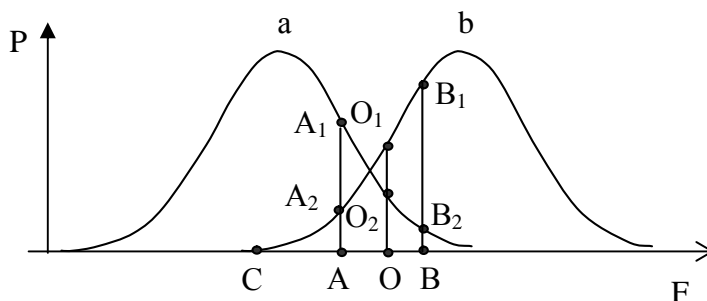


Рис. 2. Принципы расчета потенциального участия для видов а и б в потенциальном фитоценозе с координатой О на градиенте фактора F. Пояснения в тексте

Собственно говоря, если использовать вместо абсолютных значений потенциального участия его ранговые величины, то для сравнимости потенциального и действительного видового состава, логично принять: потенциальный фитоценоз образуют виды, ранг потенциального участия которых не превышает видового богатства ближайшего действительного фитоценоза. Иначе говоря, если на вход анализатора “подается” фитоценоз, состоящий из 20 видов, то после сортировки общего списка видов в состав потенциального фитоценоза отбирается 20 видов, следующих друг за другом в порядке убывания ординат их амплитуд в данной точке градиента, т.е. в порядке убывания потенциального участия h (формула 1).

Подытожим весь алгоритм моделирования потенциальной ценофлоры.

1. На входе анализатора исследователь задает или выбирает видовой состав некоторого действительного фитоценоза, представленный массивом a альтернативных данных о наличии-отсутствии видов.
2. Видовой состав действительного фитоценоза используется для определения координат l_1, l_2, l_n потенциального фитоценоза, который имеет те же координаты, что и исследуемый действительный фитоценоз.
3. Поочередно в результате сопоставления видového состава (способ 1) или данных фитоиндикационных расчетов (способ 2) (см. ранее) для всех пар “фитоценоз-синтаксон” получаем пересчитываемый массив K связи в этих парах сравнений.
4. Согласно интерпретатору (формула 1) для отражения структуры синтаксономического пространства, иначе фитоценотической матрицы X , через массив связи K необходимо получить массив, получаемый поэлементным умножением $K \cdot X$, т.е. слагаемые в формуле 1.
5. Находим показатель, измеряющий “напряженность” отраженного пространства (поля) для каждого вида в заданной точке – потенциальное участие h .
6. Виды сортируются по убыванию ранга потенциального участия и отбирается n -первых видов, амплитуды которых наиболее близки к заданной точке градиента, где расположен потенциальный фитоце-

ноз (п – соответствует видовому богатству исследуемого действительного фитоценоза). Эти виды и составляют *потенциальную ценофлору* для действительного фитоценоза, который использовался на входе анализатора.

7. Сравниваем потенциальную и действительную ценофлору и выделяем фитоценотическое ядро, атипичные и ожидаемые виды.

Поясним изложенное на нескольких количественных примерах. Рассмотрим произвольно взятый из выборки фитоценоз № 12, видовое богатство которого – 41 вид и принадлежащий к типу термофильных дубрав. После моделирования потенциальной ценофлоры для этого фитоценоза, т.е. для тех же экологических условий, получено, что его фитоценотическое ядро составляют 26 видов, остальные виды действительного фитоценоза (15 видов) являются атипичными. Не трудно заметить, что число ожидаемых видов равно числу атипичных видов, а соотношение между ними таково, что ожидаемые виды в большей степени соответствуют исследуемому фитоценозу по своей экологии, чем атипичные, но замещены последними в силу действия самых разнообразных факторов нарушения идеальности сообществ, причем сама атипичность, т.е. отклонение амплитуды, вида тем выше, чем больше ранг потенциального участия.

Фитоценотическое ядро (в скобках ранг потенциального участия) (авторы видов по [2]):

Melampyrum nemorosum (1), *Peucedanum oreoselinum* (2), *Betonica officinalis* (3), *Galium tinctorium* (4), *Melica nutans* (6), *Fragaria vesca* (7), *Campanula persicifolia* (8), *Vicia sepium* (9), *Coronilla varia* (12), *Clematis recta* (15), *Viola hirta* (17), *Convallaria majalis* (18), *Frangula alnus* (19), *Heracleum sibiricum* (21), *Anthericum ramosum* (22), *Veronica chamaedrys* (25), *Dianthus eugeniae* (27), *Pteridium aquilinum* (28), *Trifolium alpestre* (29), *Elytrigia repens* (30), *Galium mollugo* (31), *Milium effusum* (34), *Dactylis glomerata* (36), *Quercus robur* (37), *Astragalus glycyphyllos* (39), *Festuca rubra* (40).

Атипичские виды:

Ajuga genevensis (46), *Galium boreale* (51), *Agrostis tenuis* (58), *Calamagrostis epigeios* (59), *Carex leporina* (67), *Hieracium pratense* (68), *Geum urbanum* (72), *Scrophularia nodosa* (73), *Lilium martagon* (79), *Stenactis annua* (93), *Viola mirabilis* (113), *Poa pratensis* (117), *Deschampsia caespitosa* (119), *Ranunculus acris* (123), *Knautia arvensis* (141).

Ожидаемые виды:

Polygonatum odoratum (5), *Geranium sanguineum* (10), *Poa nemoralis* (11), *Acer tataricum* (13), *Silene nutans* (14), *Allium oleraceum* (16), *Sorbus aucuparia* (20), *Pyrethrum corymbosum* (23), *Genista tinctoria* (24), *Clinopodium vulgare* (26), *Campanula rotundifolia* (32), *Carex montana* (33), *Chamaecytisus ruthenicus* (35), *Origanum vulgare* (38), *Carex michelii* (41).

Поскольку ранг потенциального участия увеличивается по мере удаления амплитуды вида от условий произрастания данного фитоценоза, то справедливо утверждать, что, например, *Melampyrum nemorosum* (1), *Peucedanum oreoselinum* (2), *Betonica officinalis* (3) и т.д. ближе по экологии к данному фитоценозу, чем *Deschampsia caespitosa* (119), *Ranunculus acris* (123) и т.д. Т.е. значение 123 показывает, что в данной конкретной флоре специфика экологической дифференциации конкретной флоры такова, что существует по крайней мере не менее 122 видов, по своей экологии гораздо ближе условиям произрастания фитоценоза № 12, чем *Ranunculus acris*. С другой стороны, *Polygonatum odoratum* (5), *Geranium sanguineum* (10) и т.п. отнесены к ожидаемым видам по той причине, что они близки условиям данного экотопа, но отсутствуют в составе фитоценоза №12. Итак, фитоценотическое ядро и атипичские виды в совокупности и составляют действительный видовой состав, а фитоценотическое ядро и ожидаемые виды – потенциальный фитоценоз, находящийся в равновесии с условиями данного экотопа. Ранги ожидаемых видов, например, *Silene nutans* (14), *Allium oleraceum* (16), *Sorbus aucuparia* (20) и т.п. заполняют промежутки в порядке следования рангов видов фитоценотического ядра, но и у тех, и у других максимальный ранг не превышает 41, т.е. величины видового богатства фитоценоза №12. Каков же смысл полученных результатов? Теперь есть все основания причислять определенные виды в составе исследованного фитоценоза к “случайным”, а на самом деле – к нетипичным. Кроме того, имеем объективные количественные оценки, позволяющие произвести искусственный подбор видов для потенциального равновесного фитоценоза, в котором достигается максимум экологической гомогенности видовой состава. Этим результаты не исчерпываются. Было также установлено, что исследуемый фитоценоз в наибольшей степени тяготеет к ассоциации *Galio tinctori-Quercetum roboris* Goncharenko 2003 союза *Potentillo albae-Quercion petraeae* Jakucs in Zólyomi & al. 67. Удельная доля фитоценотического ядра составила 0,47.

Появление атипичных видов в фитоценозе происходит под действием различных факторов, но в конце концов приводит к тому, что расчетные экологические показатели у действительного F_a и потенциального F_b (рис. 1) фитоценоза не совпадают. В нашем случае при использовании для действительного фитоценоза имеем: кислотность (Rc) – 7,63, солевой режим (Tr) – 6,84, содержание минерального азота (Nt) – 5,44, влажность (Hd) – 11,35, содержание карбонатов (Ca) – 6,36, в то время, как для потенциаль-

ного - 7,58, 6,79, 5,33, 11,1, 6,46 соответственно. Таким образом относительное смещение экологического центра составляет 0,65%, 0,73%, 2,02%, 2,20%, -1,57%. Как видим максимальное отклонение, связанное с проникновением атипичных видов, наблюдаем по факторам содержания минерального азота и влажности - 2,02%, 2,20% соответственно. Иначе говоря, атипичные виды более требовательны к азоту и более влаголюбивы, чем виды, типичные для экотопа в месте описания фитоценоза №12.

Рассмотрим еще пример – фитоценоз № 25, с видовым богатством – 16 видов и относящийся к типу гипново-сфагновых болотных ценозов.

Фитоценотическое ядро составляют 8 видов, максимальный ранг которых, согласно логике метода не превышает 16:

Comarum palustre (1), *Naumburgia thyrsiflora* (4), *Sphagnum spp.* (5), *Salix cinerea* (8), *Calamagrostis canescens* (11), *Peucedanum palustre* (12), *Lysimachia vulgaris* (13), *Lythrum salicaria* (15).

Атипичными видами в составе фитоценоза № 25 оказались 8 видов:

Scutellaria galericulata (20), *Galium palustre* (30), *Juncus effusus* (32), *Glyceria fluitans* (40), *Lycopus europaeus* (46), *Carex nigra* (91), *Bidens tripartita* (116), *Agrostis canina* (126).

При этом указанные ранги хорошо согласуются с представлениями об экологии перечисленных видов: действительно самые нетипичные виды *Bidens tripartita* (116), *Agrostis canina* (126) имеют и ранги почти на порядок превышающие видовое богатство исследованного фитоценоза $n = 16$.

Напротив, на сходных местообитаниях обнаруживаются виды, включенные в состав ожидаемых (8 видов):

Carex elata (2), *Carex cinerea* (3), *Betula pubescens* (6), *Carex lasiocarpa* (7), *Typha latifolia* (9), *Salix aurita* (10), *Thelypteris palustris* (14), *Carex vesicaria* (16).

По результатам распознавания фитоценоз № 25 наиболее тяготеет к ассоциации *Sphagno recurvi-Caricetum lasiocarpae* Zolyomi 31 em. Соб 54 класса *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* R. Тх. 37. Показательно, что малый удельный вес фитоценотического ядра согласуется с полученным низким показателем ассоциированности видового состава – всего 0,3. Отсюда же и значительные смещения в оценках экологических факторов. Для действительного фитоценоза оценки Rc, Tr, Nt, Hd, Ca составили – 6,36- 7,25, 6,75, 5,58, 15,49, 4,31, а для потенциального - 7,07, 6,39, 5,31, 15,87, 4,1, тогда относительные смещения - 2,48%, 5,33%, 4,83%, -2,45%, 4,87% соответственно.

И в заключение рассмотрим еще пример – фитоценоз № 81, состоящий из 31 вида и принадлежащий к типу суборей. Фитоценотическое ядро обширно и составляет более половины видового состава (18 видов):

Fragaria vesca (1), *Polygonatum odoratum* (2), *Melica nutans* (3), *Sorbus aucuparia* (4), *Peucedanum oreoselinum* (6), *Chelidonium majus* (7), *Poa nemoralis* (8), *Moehringia trinervia* (9), *Rubus idaeus* (12), *Convallaria majalis* (13), *Solidago virgaurea* (17), *Veronica officinalis* (18), *Rubus saxatilis* (20), *Pinus sylvestris* (22), *Pleurozium schreberi* (23), *Sambucus racemosa* (26), *Chamaecytisus ruthenicus* (28), *Dryopteris carthusiana* (30), *Silene nutans* (32).

Атипичные виды (13 видов) имеют в большинстве своем ранги незначительно превышающие видовое богатство фитоценоза, т.е. хотя и уклоняющиеся, но в незначительной мере от центра фитоценоза:

Frangula alnus (36), *Rumex acetosella* (40), *Campanula persicifolia* (41), *Calamagrostis epigeios* (44), *Genista tinctoria* (59), *Padus avium* (62), *Agrostis tenuis* (63), *Hieracium umbellatum* (73), *Sedum ruprechtii* (74), *Quercus robur* (98), *Galium mollugo* (101), *Festuca rubra* (126).

Ожидаемые виды также в количестве 13, среди них:

Campanula rotundifolia (5), *Roegneria canina* (10), *Mycelis muralis* (11), *Melampyrum nemorosum* (14), *Pteridium aquilinum* (15), *Galium tinctorium* (16), *Vicia sepium* (19), *Melandrium album* (21), *Rubus caesius* (24), *Geranium sanguineum* (25), *Orthilia secunda* (27), *Ulmus laevis* (29), *Betonica officinalis* (31).

Фитоценоз оказался наиболее близким к ассоциации *Peucedano-Pinetum* W. Mat. (62) 73, при значительном показателе ассоциированности – 0,6. Отсюда же незначительное отклонение действительного фитоценоза от потенциального по экологическим параметрам. Для действительного фитоценоза Rc, Tr, Nt, Hd, Ca составили 7,21, 6,5, 5,28, 11,43, 5,88, для потенциального фитоценоза - 7,27, 6,47, 5,35, 11,49, 5,91, и смещение - -0,83%, 0,46%, -1,32% , -0,52%, -0,51% соответственно.

Выводы

В данном сообщении мы рассмотрели метод, позволяющий использовать достаточно строгий критерий для исследования видового состава фитоценозов с использованием классификации растительности. По сути можно говорить о фитоценозах “рыхлых” с большим количеством атипичных видов и, напротив, “плотных” в которых значительную долю занимает фитоценотическое ядро. Вторые находятся гораздо ближе к состоянию равновесия с условиями экотопа. В конце концов, можно найти фитоценоз такого видового состава, в котором достигается наиболее плотное сочетание экологических амплитуд и достигается максимум экологической гомогенности видового состава – потенциальный фитоценоз. Но у каждого действительного фитоценоза есть его потенциальное состояние, потенциальная ценофлора, некоторое идеализированное состояние полного соответствия среды и растительности, в реальных услови-

ях постійно порушаемое случайними факторами или разного рода флуктуациями. Поэтому метод моделирования потенциальных ценофлор, будучи надстройкой над классификацией растительности, позволяет воссоздавать промежуточные состояния флористической композиции на непрерывном градиенте, делать прогнозы изменения видового состава при изменении среды и моделировать видовой состав потенциального фитоценоза для заданной точки градиента, и все это при том, что создавая классификацию растительности исследователь прибегал к выборочному исследованию, изучив далеко не полную картину специфики дифференциации растительности региона.

РЕЗЮМЕ

Рассмотрен метод, позволяющий косвенно оценивать меру соответствия экологии вида условиям произрастания фитоценоза. Метод является самостоятельной надстройкой над классификацией растительности, используя результаты которой ставит задачу моделирования непрерывного градиента флористической композиции. На примере растительности Левобережного Полесья и Лесостепи показаны результаты моделирования видового состава нескольких случайных фитоценозов и сравнения действительной и потенциальной ценофлор. Представлена схематическая модель фитоценологического анализатора, позволяющего прогнозировать видовой состав фитоценоза в определенной точке градиента.

SUMMARY

A method which allows indirectly estimate the measure of accordance of ecology of species to ecotope's conditions of locality of phytocoenose is discussed. A method may be considered as independent building on classification of vegetation, based on results of which, it solves the problem of modelling of continuous gradient of species composition. On the example of vegetation of Left-bank Ukrainian Poles'ya and Forest-steppe the results of modelling of specific composition of a few random phytocoenosis and comparison of actual and potential species composition was showed. The schematic model of phytocoenological analyser aimed at forecast of specific composition of phytocoenose in the certain point of gradient is presented.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
2. *Определитель* высших растений Украины / Доброчаева Д.Н., Котов М.И., Прокудин Ю.Н. и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.
3. Смирнова О.В., Попадюк Р.В., Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г. Оценка потерь флористического разнообразия в лесной растительности (на примере заповедника “Калужские засеки”). – Лесоведение. – №2. – 1997. – С.27-41.
4. Brzeziecki B., Kienast F., Wildi O. A simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland // J.Veget. Sci. – V.4. – 1993. – P.499-508.

Надійшла до редакції ???.200? р.

To cite in publications use:

1. Гончаренко И.В. Моделирование потенциальных ценофлор // Вісн. Донец. ун-ту: Сер. А. Природн. науки. – 2005. – Т. 1. – С. 304-311. Доступно на: <https://goo.gl/ehK9Ym>
2. Goncharenko I.V. Modelling of potential coenofloras [In Russian] // Bulletin of Donetsk National University. – 2005. – Vol. 1. – P. 304-311. Available from: <https://goo.gl/ehK9Ym>

Synopsis:

Представлен один из возможных способов оценки степени соответствия экологических амплитуд отдельных видов условиям конкретного фитоценоза, исходя из допущения о близости амплитуд нормальному распределению и с использованием методики фитоиндикации. Потенциальный видовой состав условного фитоценоза представляется как результат подбора видов, исходя из известных баллов в экологических шкалах и оценки фитоценоза по методике фитоиндикации. Полученный путем "моделирования" потенциальный видовой состав сравнивается с фактическим видовым составом реального фитоценоза, в результате чего последний можно сегрегировать на три составляющие - фитоценотическое ядро, ожидаемые (отсутствующие) виды и атипический (присутствующие, но заносные виды) элемент.

You may also be interested in related publications:

1. Гончаренко И.В., Дидух Я.П. Моделирование потенциального флористического состава растительных сообществ // Вісн. Донец. ун-ту: Сер. А. Природн. науки. – 2004. – Т. 1. – С. 429-441. Доступно на: <https://goo.gl/bnmywZ>
2. Гончаренко И.В. Фитоценотическое разнообразие на эдафических градиентах // Промышленная ботаника. – 2007а. – Т. 7. – С. 119-127. Доступно на: <https://goo.gl/eTFuD>
3. Гончаренко І.В. Метод оцінки репрезентативності видового складу синтаксонів // Укр. ботан. журн. – 2004. – Т. 61. – № 1. – С. 124-132. Доступно на: <https://goo.gl/B1Qdm1>
4. Гончаренко І.В. Модульна організація баз даних для цілей фітоценотичного аналізу // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19. – № 1-2. – С. 31-44. Доступно на: <https://goo.gl/prurea>
5. Гончаренко І.В. Оцінка якості фітоценотичної класифікації (теоретико-методичний аспект) // Чорноморський ботанічний журнал. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 41-50. Доступно на: <https://goo.gl/oVmj7w>
6. Гончаренко І.В. Принципи побудови і ревізії макросинтаксономічної системи. – Суми: СумДПУ, 2007б. – 141 с. Доступно на: <https://goo.gl/wnLVJV>
7. Гончаренко І.В. Розпізнавання синтаксономічної належності фітоценозів за фітоіндикаційними даними // Екологія та ноосферологія. – 2002. – Т. 12. – № 3-4. – С. 41-46. Доступно на: <https://goo.gl/X8jcRk>
8. Goncharenko I.V. A method for assessing representativeness of species composition of syntaxa [In Ukrainian] // Ukrainian Botanical Journal. – 2004. – Vol. 61. – № 1. – P. 124-132. Available from: <https://goo.gl/B1Qdm1>

9. *Goncharenko I.V., Didukh Y.P.* Modelling potential species composition of the plant communities [In Russian] // Bulletin of Donetsk National University. – 2004. – Vol. 1. – P. 429-441. Available from: <https://goo.gl/bnmywZ>
10. *Goncharenko I.V.* Modular structure of vegetation databases for the purposes of phytocoenotic analysis [In Ukrainian] // Ecology and Noospherology Journal. – 2008. – Vol. 19. – № 1-2. – P. 31-44. Available from: <https://goo.gl/prurea>
11. *Goncharenko I.V.* Phytocoenotic diversity on edaphic gradients [In Russian] // Industrial Botany. – 2007a. – Vol. 7. – P. 119-127. Available from: <https://goo.gl/ejTFuD>
12. *Goncharenko I.V.* Principles of growing and revisioning macro-syntaxonomy system [In Ukrainian]. – Sumy: SumDPU, 2007b. – 141 p. Available from: <https://goo.gl/wnLVJV>
13. *Goncharenko I.V.* Quality assessment of phytocoenotic classification (theoretical-methodological aspect) [In Ukrainian] // Chornomorski Botanical Journal. – 2016. – Vol. 12. – № 1. – P. 41-50. Available from: <https://goo.gl/oVmj7w>
14. *Goncharenko I.V.* Recognition of the syntaxonomic affiliation of phytocoenoses using phytoindication data [In Ukrainian] // Ecology and Noospherology Journal. – 2002. – Vol. 12. – № 3-4. – P. 41-46. Available from: <https://goo.gl/X8jcRk>

Please don't hesitate to contact me

if you need more information:

goncharenko.ihor@gmail.com