

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ФИТОЦЕНОЛОГИИ В РАБОТАХ Б.М. МИРКИНА И ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Г.С. Розенберг

### Ключевые слова

фитоценология  
растительность  
структура  
динамика  
количественные методы  
Б.М. Миркин

**Аннотация.** Обсуждаются методы количественного анализа растительности: планирование эксперимента, простые статистические параметры и критерии, методы ординации растительности, геоботанической индикации, количественные методы классификации, изучения ее динамики и пр. Рассмотрен вклад профессора Б.М. Миркина в количественные методы фитоценологических исследований и их современное состояние.

**Поступила в редакцию** 17.09.2018

*Ibi victoria, ubi concordia – там победа, где согласие*

### ВВЕДЕНИЕ

Математическая статистика как прикладная наука прошла долгий и противоречивый путь становления, начиная с 1900 г., когда Карл Пирсон (Karl [Carl] Pearson; 1857–1936) стал издавать журнал «*Biometrika*», посвященный статистическим методам в биологии (практически одновременно работами А.Я. Гордягина [1865–1932] начались биометрические исследования и в России; см.: [Боголюбов, 2002]). Шли десятилетия, появлялись новые подходы к обработке данных, новые алгоритмы и технологии. По свидетельству ряда специалистов (см., например, [Орлов, 2004]), в статистике, как и в большинстве других отраслей наук, происходит смена парадигм: предыдущая была сформирована к 1950–60-м гг., а развитие современной парадигмы связано с созданием новых разделов и непривычных ранее идеологий (Шитиков и др., 2005) – статистики нечисловых данных, нейросетевого и эволюционного моделирования, логики нечетких (*англ.* *fuzzy*) множеств, статистики интервальных данных и пр.

К середине прошлого века количественные методы «добрались» и до фитоценологии у

нас в России: в конце 1960-х гг. вышли в свет две важные для отечественных исследователей монографические работы по количественной геоботанике, – перевод (со второго издания 1964 г.) монографии «Количественная экология растений» (Грейг-Смит, 1967) и «Статистические методы в геоботанике» (Василевич, 1969). В это же время в этой области начинает активно работать Б.М. Миркин и формироваться «уфимская школа количественной фитоценологии». Цель данного сообщения – сделать краткий обзор современного состояния именно статистических методов (во-первых, Миркин в большей степени применял для анализа растительности как раз статистические методы, во-вторых, рассмотрение методов математического моделирования в фитоценологии в широком смысле в рамках одной статьи затруднительно [Розенберг, 1984], но некоторые экскурсы все-таки будут сделаны). За основу такого обзора я взял структуру первой крупной монографии Миркина (1974); в принципе, такой же структуры придерживались и П. Грейг-Смит (1967), и В.И. Василевич (1969), да и другие их последователи. Перефразируя известное выражение

© 2018 Розенберг Г.С.

Розенберг Геннадий Самуилович, докт. биол. наук, чл.-корр. РАН; г.н.с. лаб. моделирования и управления экосистемами, Институт экологии Волжского бассейна РАН; 445003, Россия, Тольятти, ул. Комзина, 10; genarozenberg@yandex.ru

о русской литературе, можно смело утверждать, что «мы все (отечественные количественные геоботаники, фитоценологи) вышли из работ Грейг-Смита, Василевича и Миркина».

Завершить это краткое введение мне хотелось бы словами П. Грейг-Смита (Peter Greig-Smith; 1922–2003) из его предисловия к первому изданию «Количественной экологии растений» (вышло в 1957 г.), которые и сегодня не потеряли своей актуальности: «Переход от качественного к количественному подходу характерен для развития любой отрасли науки. Когда достигается определенная степень понимания явлений в общих чертах, внимание исследователей, естественно, сосредотачивается на более тонких деталях структуры или поведения, наблюдаемые различия которых менее значительны и могут быть оценены лишь с помощью измерения. Неудивительно, что количественный подход развился ранее в большинстве отраслей наук о неживой природе, чем в биологической науке. По-видимому, одно из наиболее значимых различий между физикой и химией, с одной стороны, и биологией, с другой – состоит в том, что в первых обычно можно временно изолировать одну переменную величину для изучения, в то время как в биологии это редко бывает осуществимо. Таким образом, в физике и химии относительно простая программа качественных исследований позволяет легко установить общие черты явлений и подготовить путь для применения более точных количественных методов. В биологии не только редко удается изолировать для изучения отдельные переменные, но и объекты изучения сами обычно настолько сложны, что плохо поддаются измерению» (Грейг-Смит, 1967: 13).

## 1. ПЛАНИРОВАНИЕ ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на то, что возникновение современных статистических методов планирования эксперимента связано с работами Р. Фишера (Sir Ronald Aylmer Fisher, 1890–1962), проведенными в 20-х гг. прошлого века на Ротамстедской агробиологической

станции (Rothamsted Experimental Station), долгое время математическая статистика в фитоценологии и экологии применялась только для обработки конечных результатов измерений. Математики не вмешивались в постановку эксперимента, а процесс принятия решений по планированию мониторинговых или экспедиционных наблюдений осуществлялся на интуитивном неформализованном уровне. Работами 1920–60-х гг. было показано (Проблемы экологического..., 2008), что наибольший эффект математическая статистика может принести, если ее аппарат используется на самом первом этапе – при планировании эксперимента или организации наблюдений. Математические методы планирования эксперимента позволяют:

- уменьшить ошибку эксперимента и сократить количество опытов;
- получить математические модели, обладающие оптимальными прогнозирующими свойствами;
- принимать решения на основе четких формализованных правил.

Выбор наилучшего (оптимального) плана эксперимента позволяет во много раз повысить КПД исследования и снизить ресурсно-временные затраты. Такой подход особенно важен, когда эксперимент проводится в условиях неоднородностей, чтобы на фоне мощных стохастических процессов корректно выделить эффект влияния факторов, действие которых интересует исследователей. Поскольку для геоботанических исследований в подавляющем большинстве случаев характерно наличие сильных источников неоднородностей, то анализ экспериментальных данных, полученных без четко продуманного плана, часто может оказаться ошибочным. Более того, без надежной рабочей гипотезы, получаемой в ходе рекогносцировочного качественного исследования, определяющего мишень для статистического анализа, успех приложения математического аппарата будет чисто эпизодическим. Исследователь может получить тривиальные выводы, которые очевидны и без затрат труда на сбор массового материала и его последующую обработку.

Прежде чем начать сбор материала, необходимо четко сформулировать задачу и определить метод, который будет использован для обработки, что в свою очередь позволит оптимально спланировать объем исходной информации. При этом следует соразмерить затраты труда и количество полученной информации. Точное описание зависимости между этими параметрами исследования весьма затруднительно и потому может быть на данном этапе отнесено к «области такта». Во всяком случае, следует больше всего опасаться излишней дорогостоящей точности тех данных, которые характеризуют сильно варьирующие объекты (Миркин, Розенберг, 1978а). Всякого рода замеры высоты растений с точностью до 1 мм, определение их веса до 1 мг, подсчет числа особей и т. п. оправданы только при изучении малых совокупностей и постановке исследований на инфраценологическом уровне. «При статистическом описании больших географических совокупностей растительного покрова следует отдать предпочтение простым методам учета, помня о том, что для этого случая наиболее информативен сам факт присутствия вида, а не его обилие. Роль качественного учета видов подчеркивают сторонники сигматизма, однако в последнее время и приверженцы "англоязычной" фитоценологии независимо от сигматистов приходят к тем же выводам» (Миркин, Розенберг, 2008: 120). Замечу, что «точность» и «объективность» исследований ни в коей мере не является синонимом.

Б.М. Миркин уделял вопросам планирования геоботанических исследований большое внимание (Миркин, 1970а, 1974, 1976; Миркин, Наумова, 1974; Миркин, Розенберг, 2008). Причем, подходил к их решению весьма прагматично (Миркин, 1974: 5): «Сложность планирования геоботанического исследования, с одной стороны, зависит от многообразия признаков и связей самого объекта... С другой стороны, работа осложняется тем обстоятельством, что только часть условий исследования может быть обоснована математическим путем и есть целый ряд показателей, которые геоботаник устанавливает

интуитивно или на основе коллективного опыта... Наконец, следует предостеречь геоботаников от чрезмерного увлечения статистическими методами и цифрами. Статистические методы хороши лишь тогда, когда они базируются на строгой репрезентативной выборке... Нужно согласиться с Т.А. Работновым и А.А. Урановым, которые во введении к книге П. Грейг-Смита "Количественная экология растений" пишут о необходимости предпослать каждому количественному исследованию качественное изучение растительности». При этом, он касался практически всех основных элементов планирования эксперимента: оптимального размера учетной площадки при описании растительности на фитоценологическом уровне, выборе оптимального способа размещения пробных площадей (Миркин, 1972), оптимальной точности проективного учета, некоторых вопросах параллельного сбора данных о растительности и среде для выявления связи между этими компонентами ландшафта и планировании повторностей учета (Миркин, 1974: 5–21).

Если говорить о современном состоянии проблемы планирования оптимальных многофакторных экспериментов в фитоценологии и экологии, то, казалось бы, трудами отечественных статистиков (В.В. Налимов, Ю.П. Адлер, В.В. Фёдоров и др.) в этом вопросе «наведен полный порядок». Однако, в конце XX – начале XXI вв. несколько неожиданно возникла дискуссия. С. Хёлберт (Hurlbert, 1984) сделал критический анализ 156 экспериментальных экологических статей, опубликованных в течение 1960–1980 гг. в ведущих англоязычных журналах. Оказалось, что в 27% случаев исследуемое воздействие применялось в одной повторности, либо использовавшиеся повторности не были статистически независимыми; тем не менее для доказательства эффекта экспериментального воздействия использовались статистические методы. Ошибки такого рода получили у него название «мнимых повторностей» (*pseudoreplication*). По сути, в «сухом остатке» остается лишь два совершенно беспор-

ных тезиса (см. Козлов, 2003; Hurlbert, 2003; Козлов, Хёлберт, 2006; Розенберг и др., 2008):

- не всегда выводы, полученные при изучении частных выборок, корректно распространять на всю генеральную совокупность;
- оценка степени влияния фактора может оказаться ошибочной, если изучаемое воздействие должным образом не локализовано, а сопоставляемые данные взяты из недостаточно рандомизированных источников.

Но эти основные принципы статистических оценок давно и широко известны отечественным математикам и экологам.

В практических условиях статистические выводы всегда характеризуются принципиальной неопределенностью, поскольку неясно, как нарушение исходных предпосылок влияет на качество конечных результатов. Однако *эффект нарушенных предпосылок*<sup>1</sup> чаще всего имеет место в случаях, когда влияние изучаемого фактора проявляется не слишком отчетливо (в пограничной полосе неопределенности), а объем обрабатываемого экспериментального материала недостаточен. Поэтому как аналитическая статистика, так и фитоценология (экология) – это не только наука, но и искусство чувствовать не мнимую, а истинную проблематику (Oksanen, 2001). При этом чтобы избежать скоропалительных выводов, надо предварительно набрать необходимый интеллектуальный багаж, приобрести опыт размышлений и практической работы.

<sup>1</sup> К сожалению, при анализе вероятностных моделей в практических условиях во все времена существовала (и будет существовать?) основная проблема прикладной статистики: приходится обрабатывать данные, опираясь на предпосылки, которые всегда более или менее нарушаются. Например, кроме требования независимости определены два еще более жестких условия (предпосылки) применимости статистических критериев для оценки однородности выборок:

- результаты наблюдений должны иметь нормальные распределения с математическими ожиданиями  $m_1$  и  $m_2$  и дисперсиями  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$  в первой и во второй выборках соответственно;
- дисперсии результатов наблюдений в первой и второй выборках должны совпадать.

Если хотя бы одно из этих условий не выполнено, то формально нет никаких оснований считать, что *t-статистика* имеет распределение Стьюдента, и поэтому применение традиционного метода проверки равенства средних, строго говоря, не обосновано.

## 2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

«Одной из задач статистики... является сведение большого числа исходных данных к нескольким показателям с сохранением возможно большей части информации, содержащейся в первоначальном материале» (Василевич, 1969: 20). В этом разделе сосредоточены разработки и публикации Б.М. Миркина, можно сказать, «начального» периода применения им статистических методов в геоботанике – средние, ошибки, сравнение средних, различные варианты дисперсионного и корреляционного анализов и пр. (Миркин, Гончарова, 1965; Миркин и др., 1968а, 1971, 1972а, 1974б, 1979а; Миркин, Попова, 1969; Миркин, Кашапов, 1970; Миркин, Сагитов, 1971; Антипов и др., 1972; Кашапов и др., 1986; Айба и др., 1999).

## 3. ОРДИНАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Здесь я не буду вдаваться в теоретические основы становления континуальной парадигмы и отошлю читателя к монографиям Б.М. Миркина и Л.Г. Наумовой (1998, 2017). Практически весь список методов ординации – прямой градиентный анализ, композиционная (висконсинская) ординация, факторный анализ и пр., – достаточно широко используются в фитоценологии.

**Прямой градиентный анализ.** Учитывая непреходящую важность прямого градиентного анализа, напомним, как «классические», так и некоторые «современные» его составляющие (Миркин, Розенберг, 1978а, 1979; Миркин, Наумова, 1983; Розенберг, 1984).

В начале 1950-х гг. американский эколог и фитоценолог Р. Уиттекер (1980) предложил «интуитивно-статистический» метод прямого градиентного анализа применительно к растительности горных систем. Следует заметить, что эти пионерные работы по прямому градиентному анализу встретили достаточно острую критику (см. обзор: Миркин, Наумова, 1998), которая в первую очередь касалась произвольности (субъективности) выбора осей ординации. Позже (Whittaker, 1973) было убедительно показано, что, «субъективно» выбирая эти оси, исследователь опирается на значительный багаж знаний об экологии видов и осуществляет ординацию по бесспорно ведущим градиентам.

А вот другой недостаток метода Уиттекера (а именно его интуитивно-статистический характер) был «исправлен» в количественной модификации прямого градиентного анализа, разработанного уфимскими геоботаниками под руководством Б.М. Миркина (Миркин и др., 1970б, 1972, 1974а, 1975, 1989; Миркин, 1971, 1985; Миркин, Кашапов, 1975; Даважамц и др., 1975; Кашапов и др., 1975; Миркин, Розенберг, 1978а, 1979; Розенберг, 1984, 2013; Рудаков, Миркин, 1986; Марьюшкина и др., 1987; Миркин, Анищенко, 1994). Построение графиков изменения наблюдаемого признака (вес, встречаемость, обилие и пр.) для отдельных видов в зависимости от изменения, выбранного для ординации видов, фактора сопровождается расчетом некоторых статистических характеристик:

- средневзвешенная напряженность фактора ( $\underline{X}$ ),
- средневзвешенная дисперсия ( $D_i$ ),
- рассчитывается сила влияния исследуемого фактора на данный вид, получаемая из однофакторного дисперсионного анализа ( $\eta^2$ ).

С помощью средневзвешенных значений фактора  $\underline{X}$  каждый вид «привязывается» к определенному отрезку градиента, а малое значение  $D_i$  и большое  $\eta^2$  свидетельствуют о высокой индикаторной роли вида  $i$ , причем преимущество следует отдавать оценке по значениям  $D_i$  (Миркин, 1971) – чем меньше

$D_i$ , тем вид занимает более узкий участок по оси данного фактора и, следовательно, является хорошим его индикатором.

При расчете силы влияния фактора необходимо учитывать следующий факт. В эксперименте, как справедливо подчеркивает В.И. Василевич (1969: 8), трудно добиться «...изменения одного фактора при постоянстве других». Таким образом, более корректным представляется использование 2-, 3-факторных и т. д. комплексов, которые построить на практике довольно сложно. Поэтому некоторые авторы при оценке  $\eta^2$  прибегают к ряду эвристических процедур.

Один из способов состоит в сглаживании влияния неконтролируемых факторов на изучаемый фактор (Розенберг, 1984). Ряд частных средних может быть задан линией регрессии. Следует отметить, что «течение» эмпирической линии регрессии почти никогда не бывает плавным, так как большое влияние на изменение частных средних оказывают всевозможные «шумы», в роли которых выступают как случайные (неучтенные) факторы, так и тесно скоррелированные с изучаемым. Таким образом, кривые встречаемости признака в зависимости от изучаемого фактора оказываются многовершинными. Наблюдаемая многовершинность противоречит представлениям о существовании только одного экологического оптимума распределения вида по градиенту среды (см., например, Уиттекер, 1980) и резко завышает значение силы влияния фактора  $\eta^2$  за счет увеличения дисперсии, объясняющей влияние фактора. Наличие многовершинности для кривой встречаемости признака можно объяснить двумя причинами: либо большим числом градаций фактора, либо большой степенью зависимости изучаемого фактора от неучтенных показателей. Замечу, что это понимал и П. Грейг-Смит (1967: 182): «С этой трудностью (*распределение значений фактора среды для всей совокупности описаний значительно отличается от нормального. – Г.Р.*) пришлось бы столкнуться, если бы кривая значений фактора имела бы два отчетливо выраженных максимума, что указывало бы на

возможное наличие в выборке образцов из двух совершенно разных местообитаний». Чтобы учесть («скорректировать») этот эффект многовершинности распределения параметра вида по фактору для оценки его силы влияния, можно пойти двумя путями. *Первый* – укрупнить градации фактора и добиться одновершинной кривой частных средних (действительно, для двух градаций фактора кривая частных средних всегда будет одновершинной, а для трех – в восьми случаях из девяти). Однако слишком крупные градации фактора не позволяют вскрыть его «тонкое» влияние, тем самым огрубляя и заметно понижая значение  $\eta^2$  и, соответственно, снижая общую эффективность дисперсионного ана-

лиза. *Второй* путь – это использовать метод выравнивания *способом скользящей средней* и перерасчет силы влияния фактора  $\eta^2$  (подробности см.: Розенберг, 2007).

В качестве примера процедуры выравнивания рассмотрим распределение проективного покрытия *Puccinellia tenuiflora* и *Plantago canescens* в зависимости от засоления (Намский район Якутии; Бурцева, 1978: 145–149). Реальное распределение этих видов имеет двухвершинный характер с «провалом» в классах засоленности 2,5–3 и 2–2,5, соответственно. После процедуры однократного выравнивания были получены результаты, представленные в таблице.

**Таблица.** Сравнение силы влияния фактора засоления на распределение двух видов солончаковых лугов Средней Лены до и после выравнивания  
Comparison of the influence of the salinity factor on the distribution of two types of solonchak meadows of the Middle Lena before and after leveling

Вид	До выравнивания		После выравнивания	
	Сила влияния ( $\eta^2$ )	Достоверность	Сила влияния ( $\eta^2$ )	Достоверность
<i>Puccinellia tenuiflora</i>	0,40	46,7	0,17	14,3
<i>Plantago canescens</i>	0,25	23,2	0,08	6,1

Таким образом, после выравнивания влияние фактора засоленности заметно снизилось (в 2–3 раза), хотя и осталось достоверным. Это делает более объективным наше представление о характере связи этих видов с данным фактором.

Из сравнительно «свежих» работ по прямому градиентному анализу останавливаюсь на монографии С.И. Мироновой (2000). Основные ее результаты количественной обработки сосредоточены в главе «Ординационный анализ техногенной растительности», которая может быть названа «Увертюрой к однофакторному прямому градиентному анализу», континуум изменений растительности развернут в хроноклины, которые проанализированы в традиционных подходах школы уфимских фитоценологов (построение графиков распределения проективного покрытия видов во времени, определение средневзвешенной и

силы влияния фактора времени на распределение видов). При этом анализ проведен для отвалов Западной и Южной Якутии по пяти группам видов («сквозного» распространения, тяготеющих к ранним, средним и более поздним стадиям сукцессии, имеющим двухвершинное распределение, т. е. находящихся под существенным влиянием не только фактора времени); кроме того, различался верхний (поверхность и склоны отвалов) и нижний уровни («пазухи» и берега искусственных водоемов). Теперь становится ясным, почему данный однофакторный анализ хроноклинов можно назвать лишь «увертюрой» – если бы Миронова довела обработку до конца (а фактически материал предполагает трехфакторную схему градиентного анализа: сукцессионное время, запад–юг, верх–низ), то можно было бы с полным правом назвать эту главу «Гимном прямому градиентному анализу».

Правда, в последнем разделе главы Миронова предпринимается попытка качественного сравнения хроноклинов разных вариантов и приходится к ряду интересных выводов (закономерное изменение фитосоциологического спектра по пяти классам сообществ, снижение гамма-разнообразия низких местообитаний за счет выпадения неустойчивых луговых видов, различная роль в ходе сукцессии злаковых и бобовых компонент техногенных экосистем, наконец, контрастность видового состава разных этапов сукцессии, оцененная по степени сходства).

**Факторный анализ.** Среди многомерных методов ординации стабильным успехом, начиная со ставшей классической работы Д. Гудолла (Goodall, 1954), пользуются методы факторного анализа, и в первую очередь *метод главных компонент*; работ такого плана – огромное количество; использовались эти методы и школой Б.М. Миркина (Миркин, Розенберг, 1977а,б; Миркин и др., 1978а,б, 1979б,в; Розенберг, Миркин, 1978; Миркин, 1985); причем, метод главных компонент использовался не только «по прямому назначению» (для ординации растительных сообществ в многомерном факторном пространстве), но и для ординации синтаксонов (Миркин и др., 1984), и для ординации семейств цветковых растений (Наумова и др., 1983), и для сравнения с результатами композиционной ординации (Миркин и др., 1978в).

#### 4. ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ

Истоки наблюдений за индикаторными свойствами биологических объектов можно найти в трудах естествоиспытателей самой глубокой древности. Попытки оценивать среду по растительности предпринимались с самого зарождения фитоценологии как науки (историю вопроса см.: Дидух, 2012). Прежде всего, решению этой задачи служили разнообразные экологические шкалы (Г. Элленберга, Р. Хундта, Л.Г. Раменского, Д.Н. Цыганова и др.; Миркин и др., 1989: 209); одна из последних работ этого плана – экологические шкалы для сосудистых

растений и некоторых видов мохообразных Московской области (Уланова и др., 2017).

Разработанные в рамках научной школы Б.М. Миркина количественные методы геоботанической индикации (с использованием *техники Джеглама* – Карпов, 1971; Миркин, 1974; *групповых индексов* – Карпов и др., 1971; Миркин, Розенберг, 1978а; *методами распознавания образов* – Розенберг и др., 1972; Миркин, 1974, 1985, 1986; Миркин, Розенберг, 1978а, 1979; Розенберг, 1984; Корженевский, Розенберг, 1986) существенно понизили субъективность качественной оценки среды по растительности, минимизировали частоту неверных оценок и повысили надежность распознавания.

**Распознавание образов (обучение с «учителем»).** Этот метод – один из наиболее корректных из количественных методов фитоиндикации – базируется на сочетании человека и ЭВМ. В этом случае задача распознавания решается в два этапа: первый – нахождение признаков-видов, характеризующих принадлежность описания-сообщества к классу среды, указанному «учителем» (в принципе эту задачу решает прямой градиентный анализ), второй этап – построение решающего правила для такого разбиения градиента среды на классы, чтобы качество распознавания было наилучшим (рекомендуется использовать правило близости и дихотомическое деление градиента исследуемого фактора; см.: Миркин, Розенберг, 1978а: 179–180).

Можно констатировать, что в настоящее время количественные методы достаточно широко используются в биоиндикационных исследованиях (Шитиков и др., 2005):

- сформированы банки многолетних данных по наблюдениям за природными экосистемами;
- разработан и апробирован ряд методов и математических моделей интегральной оценки состояния сложных систем различного типа, позволяющих, по терминологии А.П. Левича и А.Т. Терехина (1997: 328), осуществлять «поиск детерминации и распознавание образов в мно-

гомерном пространстве экологических факторов для выделения границ между областями нормального и патологического функционирования экосистем»;

- развиваются аппаратные и программные информационные компьютерные технологии, позволяющие анализировать необходимые массивы экологических данных;
- существует огромный объем неформальных знаний высококвалифицированных специалистов, частично сконцентрированный в методических разработках (назову, например, только серию «Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга», издаваемую в Нижегородском государственном университете [1995–2016]).

### 5. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Проблемы классификации растительности – всегда были в центре внимания Б.М. Миркина. И потому, наравне с качественными методами классификации (по Браун-Бланке), он всегда стремился объективизировать этот процесс, используя и полуколичественные методы (оригинальный «*блок-метод*», который в свое время был весьма неплох; Миркин и др., 1968а,б; Миркин, 1974: 92–94), анализ индексов сопряженности и сходства (Миркин, 1969, Миркин, Денисова, 1970, 1972; Миркин, Наумова, 1971; Денисова и др., 1970; Миркин и др., 1970а,в, 1971, 1972а,б; Розенберг, 1975; Наумова, 1977; Розенберг и др., 1978), и собственно, количественные методы классификации растительности (Миркин и др., 1976а; Миркин, Розенберг, 1978а, 1979).

Особо хочется сказать о *трансформированном коэффициенте Дайса* (ТКД; Dice, 1945; Миркин и др., 1972б, Розенберг, 1975; Наумова, 1977; Розенберг и др., 1978). В начале 1970-х годов, под влиянием книг П. Грейг-Смита (1967) и В.И. Василевича (1969), для создания корреляционных матриц (с дальнейшей их классификацией тем или иным методом) широко использовались традиционный коэффициент корреляции

(*коэффициент Пирсона*) и *коэффициент межвидовой сопряженности Коула* (Cole LaMont C.; 1917–1978; американский зоолог); последний элиминирует различия встречаемости признаков и тем самым повышает значения сопряженностей, измеряемых *коэффициентом Пирсона*. Однако, на *коэффициент Коула* влияет эколого-фитоценологический диапазон выборки (Cole, 1949): если последний достаточно широк, то высокие положительные сопряженности могут быть получены за счет повышения частот площадок, где отсутствуют оба вида (*d*-эффект). Кроме того, этот коэффициент слишком «мягко» оценивает связь, и в условиях, например, луговой растительности матрица сопряженностей трудно «организуется» (классифицируется), так как оказывается переполнена видами, которые сразу сопряжены с двумя и более корреляционными плеядами.

В 1945 г. Л. Дайсом (Dice Lee Raymond; 1887–1977; американский зоолог, эколог) был предложен новый индекс – *коэффициент Дайса* (Dice, 1945) – нецентрированный, несимметричный полный индекс перекрытия:

$$K_D = a / [a + \min(b, c)],$$

где *a*, *b*, *c* – значения четырехпольной таблицы сопряженностей (*a* – число случаев совместной встречаемости видов *A* и *B*; *b* и *c* – число встречи только вида *B* или *A*; как отмечалось выше, *d* – число площадок, где отсутствуют оба вида; тогда общее число наблюдений за встречаемостью видов *A* и *B* будет  $N = a + b + c + d$ ). В работе (Миркин и др., 1972б) был предложен новый показатель, названный *трансформированным коэффициентом Дайса* (ТКД):

$$K_{ТКД} = ТКД = (a - b) / (a + b).$$

Новый коэффициент стал центрированным, сохраняя остальные достоинства.

История с защитой кандидатской диссертации Л.Г. Наумовой (1977) в совете Гартуского университета очень подробно и красочно описана в мемуарах Б.М. Миркин «Острова архипелага "Память"» (Миркин,



2007: 115–118). Вот только заключительный эпизод:

«Отзыв, который читал Фрей (*профессор Томас Фрей, официальный оппонент «от Совета»*. – Г.Р.) медленно и язвительно, с такими отступлениями, как "это глуповато", шел под смех аудитории. Наумова сидела в президиуме со спокойным лицом. Зато ее ответ слушали уже в гробовой тишине <...> Климат в аудитории стал теплеть. Но Фрей, чувствуя, что теряет инициативу, бросился буквально "бодаться" и выступил еще два раза. Наумова посмотрела на меня – я кивнул головой ("Давай"). Далее прозвучало:

– Я хочу сделать для совета важное заявление. Основной вывод оппонента профессора Фрея основан на алгебраической ошибке.

Аудитория вздрогнула и замерла. Наумова рассекала доску вертикальной линией пополам, своим каллиграфическим почерком на одной половине написала правильное преобразование формулы ТКД, а на второй – то, что выполнил Фрей. Когда она сказала: "Вот в этом месте, уважаемый профессор Фрей, надо было сменить знак (+ на –. – Г.Р.)", в зале прокатился рокот негодования: совет попал впросак! <...> В заключение слово взял Мазинг (*профессор Виктор Мазинг, зам. председателя Совета*. – Г.Р.) и буквально перемешал Фрея с землей. Крушение оппонента было полным, голосование – единогласным».

Последний (из известных мне) обзор количественных методов классификации растительности (Миркин, Розенберг, 1979) содержал чуть более 20 алгоритмов. За прошедшие почти 40 лет в этом направлении наметился заметный прогресс, что связано с «переходом на идеологию» обработки баз фитоценологических данных, таких как «Turbo (Veg)» (Hepken, 1996); в 1960–80-х гг. под эгидой Р. Уиттекера стало развиваться математическое обеспечение количественных ординационно-классификационных методов анализа растительности. Прежде всего это пакеты программ М. Хилла – TWINSPAN (TWO-way INDicator SPecies ANalysis; Hill, 1979) и DECORANA (DEtrended CORrespondence

ANalysis); Х. Гоча (ORDIFLEX [a FLEXible computer program for four ORDInation techniques: weighted averages, polar ordination, principal component analysis, and reciprocal averaging], COMPCLUS [COMPOSITE CLUSTERing]; Gauch, 1977, 1982) и др.; имеются и отечественные разработки – «Фитоценолог» (Голуб и др., 1995) и др. Некоторые новые методы количественной классификации можно найти в нашем обзоре (Шитиков и др., 2005).

## 6. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СУКЦЕССИЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

«Под динамикой растительности (синдинамикой) понимают различные варианты постепенных направленных (векторизованных) изменений, которые могут быть вызваны как внутренними, так и внешними факторами и, как правило, имеют необратимый характер. Обратимые изменения растительности – сезонные, связанные со сменой времен года, или флюктуации (колебания структуры, состава и продуктивности в разные годы) – противопоставляются динамике растительности и рассматриваются как "структура во времени". Эти классы изменений растительности связаны переходом, так как возможны и более длительные циклически изменения, например, при регулярно повторяющихся пожарах в лесах. Поэтому в разряд процессов, рассматриваемых как динамика растительности, включаются также и так называемые циклические сукцессии, длительность цикла которых превышает 10 лет» (Миркин, Наумова, 2017: 115).

Среди традиционных методов анализа динамики растительности чаще всего используется все тот же прямой градиентный анализ – *анализ хроноклинов*: для статистического анализа скорости почвообразовательного процесса (Миркин и др., 1970г) и для анализа сукцессий в травосмесях (Миркин и др., 1984а,б, 1986а, 1987а,б; Миркин, Горская, 1989; Сайфулина и др., 2008). Существенный недостаток такого подхода связан, в первую очередь с тем, что большая часть эмпирико-статистических методов (особенно при

исследовании разногодичной изменчивости и необратимых смен) требует длительных (порядка нескольких десятилетий) наблюдений за растительным покровом. Поэтому, подобно понятию «площадь выявления» можно говорить и о таком понятии, как «время выявления» (Миркин, Розенберг, 1978а; Розенберг, 1984: 76). Приводимые в литературе данные по таким ежегодным (в рамках одной неизменной методики) наблюдениям редко превышают 10–15 лет (чаще и того меньше), что с точки зрения статистики, используемой для обработки таких временных рядов, представляет всего лишь 10–15 точек. А так как диапазон изменений характеристик временной структуры оказывается значительным (велика дисперсия изменений этих показателей), то выводы о тех или иных причинах временной изменчивости (при фактически столь малом числе наблюдений и больших затратах на получение исходных данных) оказываются, зачастую, недостоверными. Выходом из этой сложной ситуации может быть не менее сложный, но, по-видимому, единственный подход – построение (синтез) динамических моделей фитоценологических систем. Такой подход (после построения моделей) позволит по тому малому числу наблюдений, которое имеется у исследователя, верифицировать модель и в дальнейшем «проигрывать» на ней в ускоренном машинном времени те или иные способы (сценарии) воздействия на описываемую моделью фитоценологическую систему.

К методам градиентного анализа (анализа хроноклинов) можно добавить несколько «более продвинутое», более сложные процедуры анализа временных рядов:

- *метод скользящих средних (автокорреляция)* и проверка случайности колебаний временных рядов (Розенберг, 1984, 2016; Розенберг и др., 1994);
- *восстановление одномерных зависимостей полиномами и сплайнами* (Алберг и др., 1977; Алгоритмы и программы., 1984; Розенберг и др., 1994);
- *модели множественной корреляции и методы самоорганизации* при моделировании трендов временных рядов (метод группового учета аргументов [МГУА]; Ивахненко, 1982; Розенберг, Феклистов, 1982; Розенберг, 1984; Розенберг и др., 1994; Шитиков и др., 2005);
- *эволюционное моделирование* (Фогель и др., 1969; Розенберг, 1984; Розенберг и др., 1994);
- *коллективы предикторов* (процедура «модельного штурма»; Брусиловский, Розенберг, 1983; Розенберг, 1984, 2013; Костина и др., 2016);
- *методы пространственно-временной динамики* (Шитиков, Розенберг, 2014).

Все эти статистические методы, либо повсеместно используются, либо так и не нашли пока должного применения в обработке данных фитоценологического мониторинга. Сюда входят элементарная статистика, проверка гипотез, различные подходы к оценке биоразнообразия, дисперсионный анализ, специальные формы регрессии и оценки информативного набора предикторов моделей, процедуры, использующие байесовский подход, анализ временной или пространственной динамики и т. д. Совокупность перечисленных методов основывается на активном использовании нового класса компьютерно-интенсивных (*computer-intensive*) методов, в широком смысле относящихся к семейству различных *процедур Монте-Карло*. Среди них наиболее детально представлен (Шитиков, Розенберг, 2014) численный ресамплинг, который заключается в различных технологиях генерации повторных выборок, и алгоритмы, включающие *рандомизацию*, *перестановочный тест (permutation)*, *бутстреп (bootstrap)*, *метод «складного ножа» (jackknife)* и *кросс-проверку (cross-validation)*. С их помощью можно корректно проверить статистическую гипотезу или получить несмещенные характеристики искомого параметра: оценки математического ожидания, дисперсии, доверительного интервала, коэффициентов модели. Этот раздел количественных методов изучения сукцессий растительности еще ждет своих исследователей.

## 7. ЕЩЕ РАЗ О КОЛИЧЕСТВЕННОМ ОПИСАНИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (СМ. РАЗДЕЛ 2)

Индикацией, ординацией и классификацией, естественно, количественные методы, которые применяются в геоботанике, не исчерпываются. «На современном этапе развития геоботаники, когда все более очевидной становится ценность количественного подхода, наблюдается тенденция либо применять количественные методы с чрезмерным увлечением, либо применять их к проблемам, к которым они не применимы вообще или по крайней мере в настоящее время <...> Важно сохранять чувство перспективы и учитывать, приведет ли трата времени на использование количественных методов вместо качественных к соответствующему увеличению ценности получаемых результатов» (Грейг-Смит, 1967: 302). «Таким образом, фитоценолог-континуалист мыслит статистически, более крупными категориями и скептичен по отношению к получаемому результату. Он понимает, что любая схема подменяет реальность моделью, но эта модель тем и хороша, что проще, чем сама реальность, хотя и адекватна явлению лишь в большей или меньшей мере. <...> Можно утверждать, что общие идеи и принципы математического моделирования в фитоценологии имеют сегодня всеобщий характер, хотя далеко не всегда записываются системами дифференциальных уравнений или сложными регрессионными функциями» (Миркин, 1985: 126). Далее, перечислительно (иногда лишь с небольшими комментариями) приведу еще ряд направлений в количественной экологии и фитоценологии, в которых Б.М. Миркин также проводил исследования:

- **системный подход** – фитоценозы представляют собой сложные экологические системы, что делает их предметом рассмотрения в рамках *системологии* (науки о сложных системах; Миркин, Розенберг, 1978б; Розенберг, 1984, 2013);
- **программный подход** – создание различных региональных и федеральных комплексных научных экологических

программ (КНЭП; Миркин и др., 1986б, 1999; Розенберг и др., 1986);

- **анализ мозаичности растительных сообществ** – статистический анализ влияния удобрений и погодных условий на горизонтальную структуру луга (Миркин, Розенберг, 1976в, 1977д; Миркин и др., 1976б; Миркин, Янтурин, 1981а,б, 1982);
- **биоразнообразие** – оценка фиторазнообразия с помощью различных индексов (коэффициентов) биоразнообразия; Миркин, Розенберг, 1983; Миркин и др., 1989; Мартыненко, Миркин, 2003);
- **наукометрия** – проведен наукометрический анализ состояния ботаники в СССР (Миркин и др., 1980);
- **экологическое и фитоценологическое образование** (еще раз подчеркну – именно количественные особенности, так как учебников, учебных пособий и научно-методических статей по вопросам эколого-биологического образования у профессора Б.М. Миркина великое множество; Миркин и др., 2005; Миркин, Наумова, 2011);

Б.М. Миркин всегда относился к научному рецензированию как к особой форме публикации, через которую достаточно оперативно можно довести до коллег свое видение той или иной проблемы; в этом случае, рецензируемое издание выступает, своего рода, «стартовой площадкой» для начала дискуссии. Поэтому, также конспективно (точнее, перечислительно) рассмотрю еще одну сторону его научной деятельности – это рецензирование в научных изданиях трудов коллег (естественно, из более чем 350 рецензий, которые опубликовал Миркин [в этом «жанре» научной литературы он несомненный чемпион], в основном, в центральных изданиях, выберу лишь рецензии на работы «количественного» плана: Миркин, 1970б, 1973, 1978, 1983, 1984, 1987, 1988а,б, 1994, 2001; Миркин, Розенберг, 1976а,б, 1977в,г, 1988, 2006, 2007; Миркин и др., 1980б, 1986в; Миркин, Злобин, 1990; Миркин, Минибаев, 1998; Миркин, Шеляг-Сосонко, 1990, 1991; Злобин, Миркин, 1997; Миркин, Наумова, 2006).

Отдельным «блоком» перечислю рецензии Б.М. Миркина на свои работы (Миркин, 1995, 1997; Миркин, Наумова, 2009, 2014; Миркин и др., 2015).

Наконец, «долг платежом красен» или, как говаривал И.Д. Папанин, – «Отслужу!» (Фёдоров, 2001: 102, 104). Далее приведу наши рецензии на труды Б.М. Миркина (Розенберг, 1988, 1992, 1997, 20016; Кудинов и др., 2001; Краснощеков, Розенберг, 2010).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«В современной НОР (*наука о растительности*. – Г.Р.) за счет развитой структуры системы обмена научной информацией идут активные интеграционные процессы – выработка единых подходов к исследованию растительности и разработка общей теоретической платформы. Тем не менее, в НОР по сей день прослеживаются национально-территориальные традиции, которые отражают историю науки, национально-психологические особенности ученых, наличие все еще сохраняющихся языковых барьеров. <...> Российская научная традиция обладает высоким научным потенциалом, раскрытие которого сдерживалось в период частичной изоляции от мировой науки. В настоящее время идет активный процесс вхождения представителей российской НОР в международное сообщество, что не замедлило сказаться на повышении авторитета российской науки» (Миркин, Наумова, 2017: 214).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айба Э.А., Абрамова Л.М., Миркин Б.М. Опыт количественного анализа экологических закономерностей сеgetальной растительности Абхазии. *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1999, т. 104, вып. 3, с. 56–59.
- Алберг Д., Нильсон Э., Уолш Д. Теория сплайнов и ее приложения. М.: Мир, 1977, 349 с.
- Алгоритмы и программы восстановления зависимостей. Под ред. В.Н. Вапника. М.: Наука, 1984, 816 с.
- Антипов Е.А., Миркин Б.М., Обьденнова Е.А., Розенберг Г.С. Опыт использования дисперсионного анализа для обработки результатов опытов с удобрениями на лугах. *Растительность речных пойм, методы ее изучения и вопросы рационального использо-*

Однако, следует констатировать, что за последние 50 лет развития статистических методов в фитоценологии успехов значительно меньше, чем за весь вековой период становления этих методов. Наверное, это вполне объяснимо. Некоторые методы «устоялись» и стали обязательными (*прямой градиентный анализ*; и здесь заслуга Б.М. Миркина неоспорима), другие остаются достаточно экзотическими и используются в основном авторами (*распознавание образов и самоорганизация* при прогнозировании). Развитие количественных методов пошло в направлении разработки математических моделей (Розенберг, 1984, 2007, 2013) и создания разного рода баз знаний и данных (Голуб и др., 1995). Этот процесс не простой и ожидать здесь быстрых успехов не приходится.

И еще один момент, на котором хотелось бы заострить внимание. Новые успехи фитоценологии следует ожидать **не в направлении разработки каких-то новых методов анализа растительности, а в выдвигании новых представлений о структуре и характере динамики растительных сообществ**; иными словами, должна произойти очередная смена парадигм.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. по теме «Экологические закономерности структурно-функциональной организации, ресурсного потенциала и устойчивого функционирования экосистем Волжского бассейна», № АААА-А17-117112040039-7.

## REFERENCES

- Ajba E.A., Abramova L.M., Mirkin B.M. The experience of quantitative analysis of ecological regularities of Abkhazian segetal vegetation. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1999, vol. 104, no. 3, pp. 56–59. (In Russian)
- Alberg D., Nilson E., Uolsh D. The Theory of Splines and their Applications. Moscow: Mir, 1977, 349 p. (in Russian)
- Algorithms and programs of restitution of dependences. Ed. by V.N. Vapnik. Moscow: Nauka, 1984, 816 p. (in Russian)
- Antipov E.A., Mirkin B.M., Obydenнова E.A., Rozenberg G.S. Experience of use of a dispersion analysis for proc-

- вания: Тез. докл. Всесоюз. конф. Уфа: БФАН СССР, 1972, с. 4–5.
- Боголюбов А.Г. К столетию начала биометрических работ в России. *Изв. Самар. НЦ РАН*, 2002, т. 4, № 2, с. 189–196.
- Брусилковский П.М., Розенберг Г.С. Модельный штурм при исследовании экологических систем. *Журн. общ. биол.*, 1983, т. 44, № 2, с. 254–262.
- Бурцева Е.И. Опыт количественного анализа растительности солончаковых лугов в пойме Средней Лены. *Экология и ценология лугов Центральной Якутии*. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1978, с. 128–164.
- Василович В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969, 232 с.
- Голуб В.Б., Халеев Е.А., Рухленко И.А. Пакет программ для обработки геоботанических данных «Фитоценолог». II совещание «Компьютерные базы данных в ботанических исследованиях»: Тез. докл. СПб., 1995, с. 13–14.
- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967, 359 с.
- Даважамц Ц., Дашням Б., Кашапов Р.Ш., Миркин Б.М. Опыт сравнительного анализа топоклинов растительности степей и пустынь Центральной Монголии. *Статистические методы классификации растительности и оценка ее связи со средой*. Уфа: БФАН СССР, 1975, с. 168–217.
- Денисова А.В., Миркин Б.М., Ханов Ф.М. Статистический анализ причин ассоциирования сорных компонентов агрофитоценоза методом межвидовых сопряженностей. *Бот. журн.*, 1970, т. 55, № 8, с. 1176–1181.
- Дядух Я.П. Основы биоиндикации. Киев: Наук. думка, 2012, 344 с.
- Злобин Ю.А., Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1997, т. 102, вып. 2, с. 74. – Рец. на кн.: Уланова Н.Г. Математические методы в геоботанике. М.: Изд-во МГУ, 1995.
- Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. думка, 1982, 296 с.
- Карпов Д.Н. Градиентный анализ галофильных лугов пойм рек Башкирии. *Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та, сер. биол. науки*, 1971, вып. 52, № 8, с. 164–181.
- Карпов Д.Н., Миркин Б.М. Оценка засоления почвы по растительности с использованием принципа индексов групп. *Анализ закономерностей растительного покрова речных пойм: Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та, сер. биол. науки*, 1971, вып. 52, № 8, с. 183–192.
- Кашапов Р.Ш., Миркин Б.М., Мухаметшина В.С. Степи Тэвшрулэха. *Статистические методы классификации растительности и оценка ее связи со средой*. Уфа: БФАН СССР, 1975, с. 38–167.
- Кашапов Р.Ш., Наумова А.Г., Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Количественные исследования растительности МНР. *Природные условия и биологические ресурсы Монгольской Народной Республики*. Тез. докл. междунар. конф. М.: Наука, 1986, с. 86–87.
- essing of results of experiences with fertilizers on the meadows. *Floodplains vegetation, methods of its studying and questions of rational use*: Abstracts of the All-Union conference. Ufa, 1972, pp. 4–5. (in Russian)
- Bogolyubov A.G. To the century of biometrics in Russia. *Proceedings of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2002, vol. 4, no. 2, pp. 189–196. (in Russian)
- Brusilovskij P.M., Rozenberg G.S. Model storm at the study of ecological systems. *Biology Bulletin Reviews*, 1983, vol. 44, no. 2, pp. 254–262. (in Russian)
- Burceva E.I. The experience of quantitative analysis of vegetation of saline meadows in the floodplain of Middle Lena. *Ecology and cenology of Central Yakutia meadows*. Yakutsk, 1978, pp. 128–164. (in Russian)
- Cole L.C. The measurement of interspecific association. *Ecology*, 1949, vol. 30, no 4, pp. 411–424.
- Davazhamc C., Dashnyam B., Khashapov R.Sh., Mirkin B.M. The experience of the comparative analysis of topoklines of steppes and deserts vegetation of the Central Mongolia. *Statistical methods of vegetation classification and assessment of its relationship with the environment*. Ufa, 1975, pp. 168–217. (in Russian)
- Denisova A.V., Mirkin B.M., Hanov F.M. Statistical analysis of the reasons for the association of weed components of agrophytocenosis by the method of interspecific associativity. *Botanical Journ.*, 1970, vol. 55, no. 8, pp. 1176–1181. (in Russian)
- Dice L.R. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, 1945, vol. 26, no. 3, pp. 297–302.
- Didukh Ya.P. Basics of bioindication. Kiev: Naukova dumka, 2012, 344 p. (In Ukrainian)
- Fedorov V.D. Ivan Dmitrievich Papanin. *Absurds. The second book of stories*. Saint Petersburg, 2001, pp. 100–104. (in Russian)
- Fogel L.J., Owens A.J., Walsh M.J. Artificial Intelligence and evolutionary modeling. Moscow: Mir, 1969, 230 p. (in Russian)
- Gauch H.G. ORDIFLEX a flexible computer program for four ordination techniques: weighted averages, polar ordination, principal component analysis and reciprocal averaging: Release B. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1977, 195 p.
- Gauch H.G. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1982, 314 p.
- Golub V.B., Khaleev E.A., Rukhlenko I.A. The software package for geobotanical data processing «Phytocenology». II Meeting «Computer databases in botanical researches»: Abstracts. Saint Petersburg, 1995, pp. 13–14. (in Russian)
- Goodall D.W. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Austral. J. Bot.*, 1954, vol. 2, pp. 304–324.
- Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*. Moscow: Mir, 1967, 359 p. (in Russian)
- Hennekens S.M. TURBO (VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociologi-

- Козлов М.В. Мнимые повторности (pseudoreplication) в экологических исследованиях: проблема, не замеченная российскими учеными. *Журн. общ. биол.* 2003, т. 64, № 4, с. 292–307.
- Козлов М.В., Хёлберт С.Х. Мнимые повторности, бесплодные дискуссии и интернациональная сущность науки: ответ Д.В. Татарникову. *Журн. общ. биол.*, 2006, т. 67, № 2, с. 145–152.
- Корженевский В.В., Розенберг Г.С. Использование методов распознавания образов для индикации химических элементов почвы по растительности. *Укр. бот. журн.*, 1986, т. 43, № 2, с. 62–65.
- Костина Н.В., Розенберг Г.С., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Пыршева М.В. "Мозговой штурм" индексов и индикаторов устойчивого развития (на примере территорий Волжского бассейна). *Юг России: экология, развитие*, 2016, т. 11, № 2(39), с. 32–41.
- Краснощеков Г.И., Розенберг Г.С. Курс лекций по новейшей мифологии [Рецензия]. *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*, 2010, т. 19, № 4, с. 229–233. – Рец. на кн.: Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Курс лекций по устойчивому развитию. М.: Тайдекс Ко, 2005, 248 с.
- Кудинов К.А., Розенберг Г.С., Саксонов С.В. [Рецензия]. *Бот. журн.*, 2001, т. 86, № 1, с. 174–176. – Рец. на кн.: Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1999, 413 с.
- Левич А.И., Терёхин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы (метод ЭДУ). *Водные ресурсы*, 1997, т. 24, № 3, с. 328–335.
- Мартыненко В.Б., Миркин Б.М. О формальных и неформальных оценках флористического разнообразия (на примере сосняков Южного Урала). *Экология*, 2003, № 5, с. 336–340.
- Марьюшкина В.Я., Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М. Оценка стратегии *Ambrosia artemisiifolia* L. методом статистического анализа ценоклину. *Укр. бот. журн.*, 1987, т. 44, № 2, с. 24–26.
- Миркин Б.М. Опыт изучения сопряженностей между видами луговых ценозов с использованием коэффициента Коула. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1969, т. 74, вып. 5, с. 85–95.
- Миркин Б.М. Введение в количественные методы анализа растительности: Сокр. курс лекций для студ. биол. фак. ун-тов. Уфа: Башгосун-т, 1970а, 87 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бот. журн.* 1970б, т. 55, № 3, с. 459–461. – Рец. на кн.: Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике, 1969.
- Миркин Б.М. Статистический анализ экоклинов. *Бот. журн.*, 1971, т. 56, № 12, с. 1772–1788.
- Миркин Б.М. О некоторых аспектах объективизации классификации пойменных лугов. *Растительность речных пойм, методы ее изучения и вопросы рационального использования*: Тез. докл. Всесоюз. конф. Уфа: БФАН СССР, 1972, с. 81–83.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, cal data. Version 1.0. IBNDLO. Lancaster: Lancaster Univ. Press, 1996, 52 p.
- Hill M.O. TWINSPAN a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and the attributes. *Ecology and Systematic*. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1979, 48 p.
- Hurlbert S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monographs*, 1984, vol. 54, pp. 187–211.
- Hurlbert S.H. On misinterpretations of pseudoreplication and related matters: a reply to Oksanen. *Oikos*, 2003, vol. 104, pp. 591–597.
- Ivakhnenko A.G. Inductive method of self-organization of models of complex systems. Kiev: Nauk. dumka, 1982, 296 p. (in Russian)
- Karpov D.N. Gradient analysis of halophilic meadows in the floodplains of the rivers of Bashkiria. *Analysis of regularities of vegetation cover of river floodplains. Memoirs of Bashkir State University, ser. Biol. Sci.*, 1971, vol. 52, no. 8, pp. 164–181. (in Russian)
- Karpov D.N., Mirkin B.M. Assessment of soil salinity on vegetation with using the group index principle. *Analysis of regularities of vegetation cover of river floodplains. Memoirs of Bashkir State University, ser. Biol. Sci.*, 1971, vol. 52, no. 8, pp. 183–192. (in Russian)
- Kashapov R.Sh., Mirkin B.M., Mukhametshina V.S. Steppes of Tehvshrulekhk. *Statistical methods of vegetation classification and assessment of its relationship with the environment*. Ufa, 1975, pp. 38–167. (in Russian)
- Kashapov R.Sh., Naumova L.G., Mirkin B.M., Rozenberg G.S. The quantitative studies of vegetation of the Mongolian People's Republic. *Environment and biological resources of the Mongolian People's Republic*. Abstracts of International Conf.. Moscow: Nauka, 1986, pp. 86–87. (in Russian)
- Korzhenevskij V.V., Rozenberg G.S. Use of the methods of pattern recognition for indication of the chemical elements of the soil on vegetation. *Ukrainian Botanical Journ.*, 1986, vol. 43, no. 2, pp. 62–65. (in Ukrainian)
- Kostina N.V., Rozenberg G.S., Kudinova G.E., Rozenberg A.G., Pыршева M.V. "Brainstorm" of sustainable development indexes and indicators (on the example of the Volga basin). *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 2(39), pp. 32–41. (in Russian)
- Kozlov M.V. Pseudoreplication in environmental studies: the problem is not noticed by Russian scientists. *Biology Bulletin Reviews*, 2003, vol. 64, no. 4, pp. 292–307. (in Russian)
- Kozlov M.V., Khyolbert S.Kh. Pseudoreplication, fruitless discussion and the international nature of science: answer to D.V. Tatarnikov. *Biology Bulletin Reviews*, 2006, vol. 67, no. 2, pp. 145–152. (in Russian)
- Krasnoshchekov G.P., Rozenberg G.S. A course of lectures on the latest mythology [a review]. *Samarskaja Luka: the problems of regional and global ecology*, 2010, vol. 19, no. 4, pp. 229–233. – Book review: Mirkin B.M., Naumova L.G. A course of lectures on sustainable de-

- 1973, т. 78, вып. 6, с. 146–148. – Рец. на обзор: Василевич В.И. Количественные методы изучения растительности, 1972.
- Миркин Б.М. Закономерности развития растительности речных пойм. М.: Наука, 1974, 174 с.
- Миркин Б.М. О некоторых требованиях, предъявляемых к исходным данным геоботанического исследования с использованием аппарата математической статистики. *Аспекты оптимизации количественных исследований растительности*. Уфа: БФАН СССР, 1976, с. 35–60.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1978, т. 88, вып. 4, с. 151–153. – Рец. на кн.: Куркин К.А. Системные исследования динамики лугов, 1976.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1983, т. 44, № 1, с. 132–134. – Рец. на кн.: Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 1981, 231 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1984, т. 45, № 3, с. 422–424. – Рец. на кн.: Василевич В.И. Очерки теоретический фитоценологии. Л.: Наука, 1983, 248 с.
- Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985, 136 с.
- Миркин Б.М. Что такое растительные сообщества. М.: Наука, 1986, 164 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1987, т. 48, № 2, с. 279–281. – Рец. на кн.: Одум Ю. Экология: В 2-х ч. М.: Мир, 1986, т. 1, 328 с.; т. 2, 376 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1988а, т. 49, № 1, с. 137–139. – Рец. на кн.: Исаков Ю.А., Казанская Н.С., Тишков А.А. Зональные закономерности динамики экосистем. М.: Наука, 1986, 170 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1988б, т. 49, № 3, с. 425–426. – Рец. на кн.: R.P. McIntosh. The Background of Ecology Concept and Theory. Cambridge etc. Cambridge Univ. Press, 1985, 283 p.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1994, т. 55, № 2, с. 253–255. – Рец. на кн.: John T. Curtis. Fifty Years of Wisconsin Plant Ecology / Ed. J.S. Frolish et al. Madison: Wisconsin Acad. Sci. Arts and Letters, 1993, 339 p.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Экология*, 1995, № 5, с. 413–414. – Рец. на кн.: Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз / Отв. ред. Г.С. Розенберг, В.Г. Беспальй. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994, 326 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1997, т. 102, вып. 6, с. 66. – Рец. на кн.: Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Сульдимиров Г.К. Экологические проблемы города Тольятти (Территориальная комплексная схема охраны окружающей среды). Тольятти: ИЭВБ РАН, 1995, 222 с.
- Миркин Б.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 2001, т. 62, № 3, с. 270–272. – Рец. на кн.: Тулубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Григорян А.А. и др. Математическое
- velopment. Moscow: Tajdeks Ko, 2005, 248 p. (in Russian)
- Kudinov K.A., Rozenberg G.S., Saksonov S.V. [a review]. *Botanical Journ.*, 2001, vol. 86, no. 1, pp. 174–176. – Book review: Mirkin B.M., Naumova L.G. The Science about Vegetation (history and current state of basic concepts). Ufa: Gilem, 1999, 413 p. (in Russian)
- Levich A.P., Terekhin A.T. A Method to Calculate Ecologically Admissible Levels of Impact on Freshwater Ecosystems. *Water Resources*, 1997, vol. 24, no. 3, pp. 328–335. (in Russian)
- Martynenko V.B., Mirkin B.M. On the formal and informal estimates of floristic diversity: An example of pine forests of the Southern Urals. *Russian Journal of Ecology*, 2003, no. 5, pp. 336–340. (in Russian)
- Mar'yushkina V.Ya., Mirkin B.M., Hazi Ahmetov R.M. Estimation of the *Ambrosia artemisiifolia* L. strategy by the method of statistic analysis of a cenokline. *Ukrainian Botanical Journ.*, 1987, vol. 44, no. 2, pp. 24–26. (in Ukrainian)
- Mirkin B.M. The experience of studying the associativity between the species of meadow cenoses with using the Cole coefficient. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1969, vol. 74, no. 5, pp. 85–95. (In Russian)
- Mirkin B.M. Introduction to quantitative methods of the vegetation analysis: Short course of lectures for the students of biological faculties of universities. Ufa, 1970a, 87 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Botanical Journ.*, 1970b, vol. 55, no. 3, pp. 459–461. – Book review: Vasilevich V.I. Statistical methods in Geobotany, 1969. (in Russian)
- Mirkin B.M. Statistical analysis of ecoclines. *Botanical Journ.*, 1971, vol. 56, no. 12, pp. 1772–1788. (in Russian)
- Mirkin B.M. About some aspects the objectivity of classification of floodplain meadows. *Floodplains vegetation, methods of its studying and questions of rational use: Abstracts of the All-Union conference*. Ufa, 1972, pp. 81–83. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1973, vol. 78, no. 6, pp. 146–148. – Review: Vasilevich V.I. Quantitative methods of studying vegetation. 1972. (In Russian)
- Mirkin B.M. Patterns of development of the vegetation of river floodplains. Moscow: Nauka, 1974, 174 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. Some requirements imposed to the data sources of geobotanical researches with use of the device of mathematical statistics. *Aspekty optimizacii kolichestvennyh issledovanij rastitel'nosti*. Ufa, 1976, pp. 35–60. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1978, vol. 88, no. 4, pp. 151–153. – Book review: Kurkin K.A. Systemic researches of the meadows dynamics, 1976. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biological Bulletin Reviews*, 1983, vol. 44, no. 1, pp. 132–134. – Book review: Razu-

- моделирование в экологии: историко-методологический анализ. М.: Языки русской культуры, 1999, 208 с.
- Миркин Б.М. Острова архипелага "Память". Уфа: Гилем, 2007, 248 с.
- Миркин Б.М., Абрамова Л.М., Розенберг Г.С. Опыт наукометрического анализа состояния ботаники в СССР. *Бот. журн.*, 1980, т. 65, № 9, с. 1296–1302.
- Миркин Б.М., Анищенко И.Е. Градиентный анализ закономерностей состава спонтанных видов в сообществах газонов городов Башкирского Предуралья. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1994, т. 99, вып. 6, с. 86–91.
- Миркин Б.М., Бубличенко А.Н., Розенберг Г.С. Композиционная ординация: условия применения и оптимизация техники. *Статистические методы анализа почв, растительности и их связи*. Уфа: БФАН СССР, 1978в, с. 129–135.
- Миркин Б.М., Бурцева Е.И., Кононов К.Е. Статистический анализ растительности солончаковых лугов поймы реки Лены. V. Использование результатов ординации для классификации синтаксонов. *Биол. науки*, 1984, № 9, с. 81–84.
- Миркин Б.М., Гончарова С.И. О применении методов биометрии в опытнической работе. *Биол. в школе*, 1965, № 4, с. 58–62.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г. Теоретические аспекты анализа сукцессии в травосмесях. *Биол. науки*, 1989, № 1, с. 7–17.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г., Антонова Н.Д., Янтурин С.И. К анализу поведения некоторых видов многолетних трав в различных экологических и ценологических условиях. *Бот. журн.* 1984а, т. 69, № 6, с. 810–816.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г., Никулина Г.А., Розенберг Г.С. О некоторых закономерностях дифференциации ценопопуляций культурных трав в ходе сукцессии травосмеси. *Бот. журн.*, 1986а, т. 71, № 5, с. 588–598.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г., Нуридин И.Ф., Фёдоров Н.И., Муст Н.М., Бурханшин Р.Р., Розенберг Г.С., Янтурин С.И. Травосеяние и фитоценология. *Биол. науки*, 1984б, № 3, с. 5–15.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г., Янтурин С.И. Дифференциация ценопопуляций и стратегия видов в сукцессии травосмесей. *Изв. АН СССР. Сер. биол.*, 1987а, № 3, с. 392–398.
- Миркин Б.М., Горская Т.Г., Янтурин С.И., Григорьев И.Н. Опыт анализа сукцессии в травосмесях. Уфа: БФАН СССР, 1987б, 120 с.
- Миркин Б.М., Денисова А.В. Случай неправильного использования формулы Бравэ и Пирсона для расчета межвидовой сопряженности. *Бот. журн.*, 1970, т. 55, № 1, с. 146–147.
- Миркин Б.М., Денисова А.В. Об альтернативных показателях связи, используемых при анализе биологических явлений. *Биол. науки*, 1972, № 3, с. 121–128.
- Миркин Б.М., Денисова А.В., Гаврилова В.В. Возможности экологической, фитоценологической и биологической динамики биоценозов. М.: Наука, 1981, 231 с. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1984, vol. 45, no. 3, pp. 422–424. – Book review: Vasilevich V.I. Essays of theoretical phytocenology. Leningrad: Nauka, 1983, 248 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. Theoretical bases of modern phytocenology. Moscow: Nauka, 1985, 136 p.
- Mirkin B.M. What are plant communities. Moscow: Nauka, 1986, 164 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1987, vol. 48, no. 2, pp. 279–281. – Book review: Odum Yu. Ecology: In 2 vol. Moscow: Mir, 1986, vol. 1. 328 p.; vol. 2. 376 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1988а, vol. 49, no. 1, pp. 137–139. – Book review: Isakov Yu.A., Kazanskaya N.S., Tishkov A.A. Zonal regularities of the ecosystems dynamics. Moscow: Nauka, 1986. 170 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1988б, vol. 49, no. 3, pp. 425–426. – Book review: R.P. McIntosh. The Background of Ecology Concept and Theory. Cambridge etc. Cambridge Univ. Press, 1985, 283 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1994, vol. 55, no. 2, pp. 253–255. – Book review: John T. Curtis. Fifty Years of Wisconsin Plant Ecology / Ed. J.S. Frolich et al. Madison: Wisconsin Acad. Sci. Arts and Letters, 1993, 339 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Russian Journal of Ecology*, 1995, no. 5, pp. 413–414. – Book review: Ecological situation in the Samara Oblast: state and forecast. Eds. by G.S. Rozenberg, V.G. Bespalyj. Toliatti, 1994, 326 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1997, vol. 102, no. 6, p. 66. – Book review: Rozenberg G.S., Krasnoshchekov G.P., Sul'dimirov G.K. Environmental problems of Togliatti city (Territorial complex scheme of environmental protection). Toliatti, 1995, 222 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 2001, vol. 62, no. 3, pp. 270–272. – Book review: Tutubalin V.N., Barabasheva YU.M., Grigoryan A.A. et al. Mathematical modeling in ecology: historical and methodological analysis. Moscow, 1999, 208 p. (in Russian)
- Mirkin B.M. The islands of Archipelago "Memory". Ufa: Gilem, 2007, 248 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Abramova L.M., Rozenberg G.S. The experience of scientometric analysis of botany in the USSR. *Botanical Journ.*, 1980, vol. 65, no. 9, pp. 1296–1302. (in Russian)
- Mirkin B.M., Anishchenko I.E. Gradient analysis of the regularities of composition of spontaneous species to communities of in lawns Bashkirian Preural cities. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1994, vol. 99, no. 6, pp. 86–91. (in Russian)
- Mirkin B.M., Bublchenko A.N., Rozenberg G.S. Composi-



- гической интерпретации межвидовых сопряженностей. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1970а, т. 75, вып. 2, с. 87–97.
- Миркин Б.М., Денисова А.В., Карпов Д.Н., Коломенцев М.И. Статистическая характеристика основных ассоциаций естественной травянистой растительности пойм Башкирии. *Растительность пойм Башкирии*. (Ученые записки Башк. гос. ун-та им. 40-летия Октября. Сер. биол. Наук. Вып. 32, № 4). Уфа: БГУ, 1968а, с. 99–116.
- Миркин Б.М., Злобин Ю.А. [Рецензия]. *Биол. науки*, 1990, № 1, с. 156–158. – Рец. на кн.: П. Джиллер. Структура сообщества и экологическая ниша. М.: Мир, 1988, 176 с.
- Миркин Б.М., Кашапов Р.Ш. Опыт статистической обработки результатов гранулометрического анализа почв. *Биол. науки*, 1970, № 2, с. 107–112.
- Миркин Б.М., Кашапов Р.Ш. Анализ высотных топоклинов. *Биол. науки*, 1975, № 2, с. 136–141.
- Миркин Б.М., Кашапов Р.Ш., Коломенцев М.И., Обьденнова Е.А., Антипов Е.А. Использование расстояния в многомерном пространстве (R-Василевича) для анализа действия удобрений на горизонтальную структуру луговых фитоценозов. *Анализ закономерностей растительного покрова речных пойм: Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та*, сер. биол., 1971, вып. 52, № 8, с. 201–213.
- Миркин Б.М., Кашапов Р.Ш., Руди Ю.Ф. Статистический анализ широтных топоклинов. *Биол. науки*, 1974а, № 6, с. 135–140.
- Миркин Б.М., Кашапов Р.Ш., Санчир Ч., Цаганмаам Д. Степная растительность госхоза Сумбэр. Опыт количественного анализа. Ч. II. *Тр. Ин-та ботаники АН МНР*, 1979а, № 5, с. 50–66.
- Миркин Б.М., Максимович С.В., Кашапов Р.Ш. Использование дисперсионного анализа для изучения некоторых свойств почв Северо-Восточного Хангая (Монгольская Народная Республика). *Почвоведение*, 1974б, № 3, с. 104–108.
- Миркин Б.М., Минибаев Р.Г. [Рецензия]. *Экология*, 1998, № 2, с. 156–157. – Рец. на кн.: Розанов С.И. Системная экология. Ижевск, 1996, 204 с.
- Миркин Б.М., Муст Н.М., Наумова Л.Г. Анализ экологии гигрофильных растений пойм Башкирского Предуралья методом ординации с использованием межвидовых сопряженностей. *Экология*, 1970в, № 6, с. 32–36.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Некоторые характеристики матриц межвидовых сопряженностей. *Анализ закономерностей растительного покрова речных пойм: Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та*, сер. биол., 1971, вып. 52, № 8, с. 193–201.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Методические вопросы применения корреляционного метода при геоботанических исследованиях. *Бот. журн.*, 1974, т. 59, № 8, с. 1142–1156.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Градиентный анализ растительности. *Успехи совр. биол.*, 1983, т. 5, вып. 2, тional ordination: application conditions and optimization of technique. *Statistical methods of soil analysis, vegetation and their relationships*. Ufa, 1978с, pp. 129–135. (in Russian)
- Mirkin B.M., Burceva E.I., Kononov K.E. Statistical analysis of the vegetation of saline meadows of the Lena river floodplain. V. The use of ordination results for the classification of syntaxa. *Biological sciences*, 1984, no. 9, pp. 81–84. (in Russian)
- Mirkin B.M., Denisova A.V. A case of misapplication of the formula of Bravaix and Pearson for the calculation of interspecific association. *Botanical Journ.*, 1970, vol. 55, no. 1, pp. 146–147. (in Russian)
- Mirkin B.M., Denisova A.V. On alternative communication indicators used in the analysis of biological phenomena. *Biological sciences*, 1972, no. 3, pp. 121–128. (in Russian)
- Mirkin B.M., Denisova A.V., Gavrilova V.V. Possibilities of ecological, phytocoenotic and biological interpretation of trans-species associativities. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1970а, vol. 75, no. 2, pp. 87–97. (in Russian)
- Mirkin B.M., Denisova A.V., Karpov D.N., Kolomencev M.P. S Statistical characteristic of the main associations of native herbaceous vegetation of Bashkirian floodplains. *Vegetation of Bashkirian floodplains*. (Scientific notes of Bashkir State University named after the 40<sup>th</sup> Anniversary of October. Ser. Biol. Sci., vol. 32, no. 4). Ufa, 1968а, pp. 99–116. (in Russian)
- Mirkin B.M., Goncharova S.I. About application of biometrics methods in experimental work. *Biology at school*, 1965, no. 4, pp. 58–62. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G. Theoretical aspects of succession analysis in the grass mixtures. *Biological sciences*, 1989, no. 1, pp. 7–17. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Antonova N.D., Yanturin S.I. On the analysis of behavior of some perennial herb species under various ecological and coenotic conditions. *Botanical Journ.*, 1984а, vol. 69, no. 6, pp. 810–816. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Nikulina G.A., Rozenberg G.S. On some pattern in the differentiation of cultivated herb coenopopulations during mixed herbaceous crop succession. *Botanical Journ.*, 1986а, vol. 71, no. 5, pp. 588–598. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Nuritdinov I.F., Fedorov N.I., Must N.M., Burkhanshin R.R., Rozenberg G.S., Yanturin S.I. The fodder grass cultivation and phytocoenology. *Biological sciences*, 1984б, no. 3, pp. 5–15. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Yanturin S.I. The differentiation of coenopopulations and species strategy in the succession of grass mixtures. *Proceedings of Academy of Sciences of USSR. Ser. Biol.*, 1987а, no. 3, pp. 392–398. (in Russian)
- Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Yanturin S.I., Grigor'ev I.N. An experience of the analysis of a succession in the grass mixtures. Ufa, 1987б, 120 p. (in Russian)

- с. 304–318.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998, 413 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 2006, т. 67, № 4, с. 315–318. – Рец. на кн.: Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005, 309 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. [Рецензия]. *Изв. Самар. НЦ РАН*, 2009, т. 11, № 1(27), с. 268–270. – Рец. на кн.: Розенберг Г.С. Экология в картинках (Учебное пособие). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007, 218 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Н.Н. Моисеев: математик и философ. *Биол. в школе*, 2011, № 8, с. 26–28.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. «Десант» ученых Поволжья в экологическое образование. [Рецензия]. *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*, 2014, т. 23, № 4, с. 206–210. – Рец. на кн.: Экологическое образование и образованность – два «кита» устойчивого развития / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Д.Б. Гелашвили, Г.Р. Хасаев, Г.В. Шляхтин / Кол. авторов: Г.С. Розенберг, Д.Б. Гелашвили, Г.Р. Хасаев, Г.В. Шляхтин, Г.Э. Кудинова, О.А. Носкова, Ю.К. Роцевский, С.В. Саксонов, А.А. Сидоров, Ю.В. Симонов. Самара; Тольятти; Н. Новгорода; Саратов: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2014, 292 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Введение в современную науку о растительности. М.: ГЕОС, 2017, 280 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Карпов Д.Н. Анализ силы влияния ведущего фактора на распределение вида. *Растительность речных пойм, методы ее изучения и вопросы рационального использования*. Тез. докл. Всесоюз. конф. Уфа: БФАН СССР, 1972а, с. 83–84.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Розенберг Г.С., Тарасевич Л.Ф. Опыт использования дендрограммы для выделения сопряженных групп видов. *Экология*, 1976а, № 3, с. 40–45.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Розенберг Г.С., Хазиахметов Р.М. Какой должна быть программа предмета «Устойчивое развитие» в высшей школе? *Изв. Самар. НЦ РАН*, 2005, т. 7, № 1, с. 28–34.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Хазиахметов Р.М. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 2015, т. 76, № 2, с. 173–175. – Рец. на кн.: Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию / В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1, 565 с.; т. 2, 445 с.
- Миркин Б.М., Попова Т.В. Выборочно-статистический метод анализа водного режима почв. *Почвоведение*, 1969, № 9, с. 150–152.
- Миркин Б.М., Попова Т.В., Кашапов Р.Ш. Использование деревьев-хроноиндикаторов для статистического анализа скорости почвообразовательного процесса в пойме. *Почвоведение*, 1970г, № 1, с. 121–126.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Бот. журн.*, 1976а, т. 61, № 2, с. 284–286. – Рец. на кн.: Кер-
- Mirkin B.M., Kashapov R.Sh. The experience of statistical processing of results of a grain-size analysis of soils. *Biological sciences*, 1970, no. 2, pp. 107–112. (in Russian)
- Mirkin B.M., Kashapov R.Sh. An analysis of high-rise topoklines. *Biological sciences*, 1975, no. 2, pp. 136–141. (in Russian)
- Mirkin B.M., Kashapov R.Sh., Kolomencev M.P., Obydenova E.A., Antipov E.A. Using of distances in a multidimensional space (Vasilevich's R) for the analysis of effect of fertilizers on the horizontal structure of meadow phytocoenoses. *Analysis of regularities of vegetation cover of river floodplains. Memoirs of Bashkir State University, ser. Biol. Sci.*, 1971, vol. 52. Ser. biol., no. 8, pp. 201–213. (in Russian)
- Mirkin B.M., Kashapov R.Sh., Rudi Yu.F. Statistical analysis of the latitudinal topoklines. *Biological sciences*, 1974a, no. 6, pp. 135–140. (in Russian)
- Mirkin B.M., Kashapov R.Sh., Sanchir Ch., Caganmaam D. Steppe vegetation of Sumbehr state farm. Quantitative analysis experience. Part II. *Institute of botany of the Academy of Sciences of Mongolian Republic*, 1979a, no. 5, pp. 50–66. (in Russian)
- Mirkin B.M., Khanov F.M., Minibaev R.G., Timofeeva E.I. Statistical analysis of the weed-field associations of the floodplains of Bashkiria. *Vegetation of Bashkirian floodplains*. (Scientific notes of Bashkir State University named after the 40<sup>th</sup> Anniversary of October. Ser. Biol. Sci., vol. 32, no. 4). Ufa, 1968b, pp. 164–175. (in Russian)
- Mirkin B.M., Khaziev F.Kh., Khaziakhmetov R.M., Bakhtizin N.R. Ecological imperative of agriculture of Republic of Bashkortostan. Ufa: Gilem, 1999, 165 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Maksimovich S.V., Kashapov R.Sh. Using of a dispersion analysis for the studying of some properties of soils of North East Khangay (*Mongolian Republic*). *Eurasian Soil Science*, 1974b, no. 3, pp. 104–108. (in Russian)
- Mirkin B.M., Minibaev R.G. [a review]. *Russian Journal of Ecology*, 1998, no. 2, pp. 156–157. – Book review: Rozanov S.I. System Ecology. Izhevsk, 1996, 204 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Must N.M., Naumova L.G. Analysis of ecology of gigrofilny plants of floodplains of the Bashkir Cis-Urals by ordination method with using of trans-species associativity. *Russian Journal of Ecology*, 1970c, no. 6, pp. 32–36. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. Some characteristics of matrices of trans-species associativities. *Analysis of regularities of vegetation cover of river floodplains. Memoirs of Bashkir State University, ser. Biol. Sci.*, 1971, vol. 52. Ser. biol., no. 8, pp. 193–201. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. Methodical problems of the usage of correlational method in geobotanical studies. *Botanical Journ.*, 1974, vol. 59, no. 8, pp. 1142–1156. (In Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. Gradient analysis of vegeta-

- шоу К. Количественная и динамическая экология растений. 2-е изд. Лондон, 1974.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1976б, т. 81, № 5, с. 141–143. – Обзор работ Р. Уиттекера, опубликованных в "Handbook of Vegetation Science". 1973.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Анализ мозаичности травянистых растительных сообществ. 1. Популяционный уровень. *Биол. науки*. 1976в, № 12, с. 127–134.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Опыт применения метода главных компонент варьирования растительности. *Экология*, 1977а, № 5, с. 29–37.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Факторный анализ в фитоценологии. 1. Общая характеристика модели. *Биол. науки*, 1977б, № 12, с. 121–126.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Бот. журн.*, 1977в, т. 62, № 2, с. 296–300. – Рец. на кн.: Мюллер-Домбойс Д., Элленберг Х. Цели и методы экологии растительности. 1974.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Бот. журн.*, 1977г, т. 62, № 5, с. 753–757. – Рец. на ст.: Смарт П., Мейкок С.Е., Ламберт Д.М. Исследование свойств количественных геоботанических данных. I. Предварительное изучение. II. Дальнейшее сравнение данных. *J. Ecol.* 1974, vol. 62, no. 3, pp. 739–759. *J. Ecol.* 1976. V. 64, № 1. P. 41–78.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Анализ мозаичности травянистых растительных сообществ. 2. Ценотический уровень. *Биол. науки*, 1977д, № 2, с. 121–126.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы. М.: Наука, 1978а, 212 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Системный подход к фитоценологии. *Журн. общ. биол.*, 1978б, т. 39, № 2, с. 167–178.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Количественные методы классификации, ординации и геоботанической индикации. *Итоги науки и техники. Ботаника*. Т. 3. М.: ВИНТИ, 1979, с. 71–137.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. М.: Наука, 1983, 134 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Экология*, 1988, № 5, с. 89–90. – Рец. на кн.: Кершоу К., Луней Дж. Количественная и динамическая экология растений. 3-е изд. Лондон, 1985, 282 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Самарская Лука: Бюл.*, 2006, № 18, с. 268–275. – Рец. на кн.: Жизнь и приключения геоботаника, художника, композитора, поэта – Олега Сергеевича Гребенщикова (1905–1980) / Ред. сост.: Е.А. Белоновская, А.А. Тишков. М.: ИГ РАН; НИИ-Природа, 2006, 118 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Бумеранг судьбы Олега Гребенщикова [Рецензия]. *Природа*, 2007, № 3, с. 84–87. – Рец. на кн.: Жизнь и приключения геоботаника, художника, композитора, поэта – Олега Сергеевича Гребенщикова (1905–1980) / Ред. сост.: Е.А. Белоновская, А.А. Тишков. М.: ИГ РАН; НИИ-Природа. *Biology Bulletin Reviews*, 1983, vol. 5, no. 2, pp. 304–318. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. The Science about Vegetation (history and current state of basic concepts). Ufa: Gilem, 1998, 413 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 2006, vol. 67, no. 4, pp. 315–318. – On the book "Biospheric functions of the natural ecosystems of Russia" by A.A. Tishkov. Moscow: Nauka, 2005. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. [a review]. *Proceedings of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 1(27), pp. 268–270. – Book review: Rozenberg G.S. Ecology in pictures (Textbook). Toliatti, 2007, 218 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. N.N. Moiseev: mathematician and philosopher. *Biology at school*, 2011, no. 8, pp. 26–28. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. «Landing» of scientists of the Volga region in environmental education. [a review]. *Samarskaja Luka: the problems of regional and global ecology*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 206–210. – Book review: Environmental education and erudition – two «whales» of sustainable development. Eds. by G.S. Rozenberg, D.B. Gelashvili, G.R. Khasaev, G.V. Shlyakhtin. Samara; Toliatti; Nizhny Novgorod; Saratov, 2014, 292 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G. Introduction to the modern Vegetation science. Moscow: GEOS, 2017, 280 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G., Karpov D.N. Analysis of the power of influence of the leading factor on species distribution. *Floodplains vegetation, methods of its studying and questions of rational use: Abstracts of the All-Union conference*. Ufa, 1972а, pp. 83–84. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G., Khaziahmetov R.M. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 2015, vol. 76, no. 2, pp. 173–175. – Book review: Rozenberg G.S. Introduction to Theoretical Ecology. 2<sup>th</sup>. Ed. Toliatti: Kassandra, 2013, vol. 1, 565 p.; vol. 2, 445 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G., Rozenberg G.S., Khaziahmetov R.M. What should be the program of the discipline «Sustainable development» in Higher School? *Proceedings of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2005, vol. 7, no. 1, pp. 28–34. (in Russian)
- Mirkin B.M., Naumova L.G., Rozenberg G.S., Tarasevich L.F. Experience of a dendrogramma using for selection of the conjugate species groups. *Russian Journal of Ecology*, 1976, no. 3, pp. 40–45. (in Russian)
- Mirkin B.M., Popova T.V. Selective and statistical method of soil water regime analysis. *Eurasian Soil Science*, 1969, no. 9, pp. 150–152. (in Russian)
- Mirkin B.M., Popova T.V., Kashapov R.Sh. Using of trees-hronoindicators for a statistical analysis of the speed of soil formation process in the floodplain. *Eurasian Soil Science*, 1970г, no. 1, pp. 121–126. (in Russian)

- Природа, 2006, 118 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Организация наблюдений за фитоценоотическими сообществами: основные задачи, методологические проблемы и способы их разрешения. *Проблемы экологического эксперимента (Планирование и анализ наблюдений)*. Тольятти: Самар. ИЦ РАН; Кассандра, 2008, с. 120–128.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Бурцева Е.А. Факторный анализ в фитоценологии. 2. Сравнение влияния ведущих факторов. *Биол. науки*, 1978а, № 4, с. 136–143.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Гареева А.М., Яценко О.В. Факторный анализ в фитоценологии. 3. Оценка экологичности классификаций. *Биол. науки*, 1978б, № 12, с. 130–135.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Григорьев И.Н. Использование факторного анализа для изучения закономерностей зональных смен растительности пустынь и степей Центральной Монголии. *Проблемы освоения пустынь*, 1979б, № 6, с. 72–76.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Кашапов Р.Ш. Статистический анализ широтных ценопоклаинов. *Биол. науки*, 1975, № 12, с. 126–131.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова А.Г. Новый коэффициент межвидовой сопряженности, удобной для классификации пойменных лугов (трансформированный коэффициент Дайса, ТКД). *Растительность речных пойм, методы ее изучения и вопросы рационального использования*. Тез. докл. Всесоюз. конф. Уфа: БФАН СССР, 1972б, с. 85–86.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова А.Г. Факторный анализ в фитоценологии. 4. Приложение к классификации растительности. *Биол. науки*, 1979в, № 2, с. 102–106.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова А.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989, 223 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Обыденнова Е.А., Янтурин С.И. Опыт анализа размещения видов в луговых ценозах. Структура и динамика растительного покрова. М.: Наука, 1976б, с. 89–90.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Фёдоров Н.И. [Рецензия]. *Биол. науки*, 1986в, № 10, с. 109–111. – Рец. на кн.: Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984, 174 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Хазиев Ф.Х. О комплексной научно-исследовательской программе "Башкир-экология". *Экологические проблемы агропромышленного комплекса Башкирской АССР*. Тез. докл. republ. науч.-практ. конф. Уфа: БФАН СССР, 1986б, с. 83–86.
- Миркин Б.М., Сагитов С.И. Опыт статистического анализа растительности тугайного леса. *Анализ закономерностей растительного покрова речных пойм: Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та, сер. биол. науки*, 1971, вып. 52, № 8, с. 70–84.
- Миркин Б.М., Сагитов С.И., Антипов Е.А. Установленные связи между почвами и растительностью тугай-
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Botanical Journ.*, 1976а, vol. 61, no. 2, pp. 284–286. – Book review: Ker-shaw K. Quantitative and dynamic plants ecology. Second edition. London, 1974. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1976b, vol. 81, no. 5, pp. 141–143. – Review of R. Whittaker's works published in "Handbook of Vegetation Science". 1973. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Analysis of a mosaic of herbaceous plant communities. 1. Population level. *Biological sciences*, 1976с, no. 12, pp. 127–134. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* The experience of applying of the method of main components variation of vegetation. *Russian Journal of Ecology*, 1977а, no. 5, pp. 29–37. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Factor analysis in phytocenology. 1. General characteristic of model. *Biological sciences*, 1977b, no. 12, pp. 121–126. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Botanical Journ.*, 1977с, vol. 62, no. 2, pp. 296–300. – Book review: Mueller-Dombois D., Ellenberg H. Aims and methods of vegetation ecology. 1974. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Botanical Journ.*, 1977d, vol. 62, no. 5, pp. 753–757. – Article review: Smartt P., Meacock S.E., Lambert J.M. Investigation into the properties of quantitative vegetational data. I. Pilot study. II. Further data type comparisons. *J. Ecol.* 1974, vol. 62, no. 3, pp. 739–759. *J. Ecol.* 1976, vol. 64, no. 1, pp. 41–78. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Analysis of a mosaic of herbaceous plant communities. 2. Coenotic level. *Biological sciences*, 1977e, no. 2, pp. 121–126. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Phytocenology. Principles and methods. Moscow: Nauka, 1978а, 212 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* A systemic approach to phytocenology. *Biology Bulletin Reviews*, 1978b, vol. 39, no. 2, pp. 167–178. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Quantitative methods of classification, ordination and geobotanical indication. *Results of Science and Technology. Botany*, vol. 3. Moscow: VINITI, 1979, pp. 71–137. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* Explanatory dictionary of modern phytocenology. Moscow: Nauka, 1983, 134 p.
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Russian Journal of Ecology*, 1988, no. 5, pp. 89–90. – Book review: Ker-shaw K., Looney J. Quantitative and dynamic plant ecology. 3<sup>th</sup> ed. London, 1985, 282 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* [a review]. *Samarskaja Luka: Bull.*, 2006, no. 18, pp. 268–275. – Book review: Life and adventures of geobotany, artist, composer, poet – Oleg Sergeevich Grebenshchikov (1905–1980). Eds. by E.A. Belonovskaya, A.A. Tishkov. Moscow, 2006, 118 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S.* The boomerang of Oleg Grebenshchikov's destiny [a review] // *Priroda*, 2007,

- ного леса методом градиентного анализа. *Проблемы освоения пустынь*, 19706, № 6, с. 49–55.
- Миркин Б.М., Хазиев Ф.Х., Хазиахметов Р.М., Бахтин Н.Р. Экологический императив сельского хозяйства Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 1999, 165 с.
- Миркин Б.М., Ханов Ф.М., Миннибаев Р.Г., Тимофеева Э.И. Статистический анализ сорно-полевых ассоциаций пойм Башкирии. *Растительность пойм Башкирии*. (Учен. зап. Башкирск. гос. ун-та им. 40-летия Октября. Сер. биол. Вып. 32, № 4). Уфа: БГУ, 19686, с. 164–175.
- Миркин Б.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р. [Рецензия]. *Укр. бот. журн.*, 1990, т. 47, № 2, с. 109–110. – Рец. на кн.: Викторов С.В., Ремезова Т.А. Индикационная геоботаника. М.: Изд-во МГУ, 1988, 168 с.
- Миркин Б.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р. [Рецензия]. *Укр. бот. журн.*, 1991, т. 48, № 2, с. 111–112. – Рец. на кн.: Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества.
- Миркин Б.М., Янтурин С.И. Статистический анализ влияния удобрений и погодных условий на горизонтальную структуру луга. I. Задачи исследования и общая характеристика объекта. *Биол. науки*, 1981а, № 1, с. 84–88.
- Миркин Б.М., Янтурин С.И. Статистический анализ влияния удобрений и погодных условий на горизонтальную структуру луга. II. Популяционный уровень. *Биол. науки*, 1981б, № 6, с. 65–68.
- Миркин Б.М., Янтурин С.И. Статистический анализ влияния удобрений и погодных условий на горизонтальную структуру луга. III. Фитоценологический уровень. *Биол. науки*, 1982, № 1, с. 54–59.
- Наумова Л.Г. Выделение экологических групп видов и классификация растительности с использованием ТКД: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1977, 24 с.
- Наумова Л.Г., Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Исследование экологии семейств цветковых ординационными методами. *Укр. бот. журн.*, 1983, т. 40, № 1, с. 17–20.
- Орлов А.И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2004, 671 с.
- Проблемы экологического эксперимента (Планирование и анализ наблюдений). Тольятти: Самар. НЦ РАН; Кассандра, 2008, 274 с.
- Розенберг Г.С. Ошибка выборочности для трансформированного коэффициента Дайса. *Статистические методы классификации растительности и оценка ее связи со средой*. Уфа: БФАН СССР, 1975, с. 223–227.
- Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984, 256 с.
- Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Биол. науки*, 1988, № 1, с. 110–111. – Рец. на кн.: Классификация растительности СССР (с использованием флористических критериев) / Под ред. Б.М. Миркина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986, 200 с.
- Розенберг Г.С. [Рецензия]. *Журн. общ. биол.*, 1992, no. 3, pp. 84–87. – Book review: Life and adventures of geobotany, artist, composer, poet – Oleg Sergeevich Grebenshchikov (1905–1980). Eds. by E.A. Belonovskaya, A.A. Tishkov. Moscow, 2006, 118 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S. Organization of overseeing by phytocenotic communities: main tasks, methodological problems and ways of their permission. *Problems of ecological experiment (Planning and analysis of observations)*. Toliatti, 2008, pp. 120–128. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Burceva E.A. Factor analysis in phytocenology. 2. Comparison of the influence of the leading factors. *Biological sciences*, 1978a, no. 4, pp. 136–143. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Fedorov N.I. [a review]. *Biological sciences*, 1986c, no. 10, pp. 109–111. – Book review: Dyrenkov S.A. Structure and dynamics of taiga spruce forests. Leningrad: Nauka, 1984. 174 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Gareeva L.M., Yacenko O.V. Factor analysis in phytocenology. 3. Assessment of environmental friendliness of classifications. *Biological sciences*, 1978b, no. 12, pp. 130–135. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Grigor'ev I.N. Using of factor analysis for studying the regularities of zonal vegetation changes of deserts and steppes of the Central Mongolia. *Problems of desert development*, 1979b, no. 6, pp. 72–76. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Kashapov R.Sh. Statistical analysis of latitudinal cenoecenes. *Biological sciences*, 1975, no. 12, pp. 126–131. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Khaziev F.Kh. About the complex research program "Bashkir-ekologiya". *Ecological problems of agro-industrial complex of Bashkirskaja ASSR: Abstracts of Republican scientific-practical conf.* Ufa, 1986b, pp. 83–86. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. New coefficient of trans-species associativity (the transformed Dyce's coefficient). *Floodplains vegetation, methods of its studying and questions of rational use: Abstracts of the All-Union conference.* Ufa, 1972b, pp. 85–86. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. Factor analysis in phytocenology. 4. Annex to classification of vegetation. *Biological sciences*, 1979c, no. 2, pp. 102–106. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology. Moscow: Nauka, 1989, 223 p. (in Russian)
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Obydenova E.A., Yanturin S.I. Experience of the analysis of species placement of types in the meadow cenoses. *Structure and dynamics of vegetation cover.* Moscow: Nauka, 1976b, pp. 89–90. (in Russian)
- Mirkin B.M., Sagitov S.I. Experience of statistical analysis of tugai forest vegetation. *Analysis of regularities of vegetation cover of river floodplains: Memoirs of Bash-*

- т. 53, № 4, с. 633–634. – Рец. на кн.: Гродзинский А.М., Злобин Ю.А., Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Словарь-справочник по агрофитоценологии и луговедению. Киев: Наук. думка, 1991, 136 с.
- Розенберг Г.С. И занялся я, извините за выражение, самообразованием [Рецензия]. *Газета «Берегиня»* (Н. Новгород), 1997, № 6, с. 10. – Рец. на кн.: Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Экология России. М., 1996, 272 с.
- Розенберг Г.С. Кто-то из великих сказал, что для детей надо писать как для взрослых... [Рецензия]. *Газета «Зеленый мир»* (М.), 2001, № 19–20, с. 23. – Рец. на кн.: Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Популярный экологический словарь. М.: Устойч. мир, 1999, 304 с.; Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Рольевые игры по экологии. Пособие для учителей. М.: Устойч. мир, 2000, 272 с.; Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Молодые яблоки для планеты Земля. Уфа: Китап, 2000, 264 с.
- Розенберг Г.С. Статистические методы в фитоценологии на рубеже тысячелетий (к 50-летию выхода монографии П. Грейг-Смита). *Актуальные проблемы геоботаники: III Всерос. шк.-конф. Лекции*. Петрозаводск: Карел. НЦ РАН, 2007, с. 72–116.
- Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию / В 2-х т.; Изд. 2-е, исправ. и допол. Тольятти: Кассандра, 2013, т. 1, 565 с.; т. 2, 445 с.
- Розенберг Г.С. Тройка, семерка, туз... (о природе «цикличности» статистических рядов). Тольятти: Кассандра, 2016, 52 с.
- Розенберг Г.С., Миркин Б.М. Эволюция и сравнение ординационных техник. *Статистические методы анализа почв, растительности и их связи*. Уфа: БФАН СССР, 1978, с. 95–117.
- Розенберг Г.С., Миркин Б.М., Рудерман С.Ю. Опыт приложения теории распознавания образов для оценки засоления почв по растительности. *Экология*, 1972, № 6, с. 31–34.
- Розенберг Г.С., Назирова З.М., Миркин Б.М. [Рецензия]. *Бюл. МОИП. Отд. биол.*, 1980, т. 85, № 1, с. 129–131. Рец. на ст.: К. Хелмеке. О способах оценки устойчивости фитоценозов // *Arch. Natur. und Landschaft*. 1975. Bd. 15, № 3. S. 133–135.
- Розенберг Г.С., Наумова Л.Г., Бурцева Е.И. О математической корректности индекса ТКД. *Экология и ценология лугов Центральной Якутии*. Якутск: Изд-во Якут. ун-та, 1978, с. 165–169.
- Розенберг Г.С., Фекалистов И.А. Прогнозирование годичного прироста деревьев методами самоорганизации. *Экология*, 1982, № 4, с. 43–50.
- Розенберг Г.С., Хазиев Ф.Х., Миркин Б.М. О некоторых особенностях создания долгосрочных экологических программ. *Проблемы социальной экологии: Тез. докл. I Всесоюз. конф. Ч. 3*. Львов: АН СССР, 1986, с. 58–60.
- Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусиловский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994, 185 с.
- kir State University, ser. Biol. Sci.*, 1971, vol. 52. Ser. biol., no. 8, pp. 70–84. (in Russian)
- Mirkin B.M., Sagitov S.I., Antipov E.A. Establishment of communication between soils and vegetation of tugai forest by method of the gradient analysis. *Problems of desert development*. 1970b, no. 6, pp. 49–55. (in Russian)
- Mirkin B.M., Shelyag-Sosonko Yu.R. [a review]. *Ukrainian Botanical Journ.*, 1990, vol. 47, no. 2, pp. 109–110. – Book review: Viktorov S.V., Remezova T.L. Indication Geobotany. Moscow, 1988, 168 s. (in Ukrainian)
- Mirkin B.M., Shelyag-Sosonko Yu.R. [a review]. *Ukrainian Botanical Journ.*, 1991, vol. 48, no. 2, pp. 111–112. – Book review: Bigon M., Harper J., Taunsend K. Ecology of an individuals, population and community. (in Ukrainian)
- Mirkin B.M., Yanturin S.I. Statistical analysis of influence of fertilizers and weather conditions on horizontal structure of a meadow. I. Research objectives and general characteristics of the object. *Biological sciences*, 1981a, no. 1, pp. 84–88. (In Russian)
- Mirkin B.M., Yanturin S.I. Statistical analysis of influence of fertilizers and weather conditions on horizontal structure of a meadow. II. Population level. *Biological sciences*, 1981b, no. 6, pp. 65–68. (in Russian)
- Mirkin B.M., Yanturin S.I. Statistical analysis of influence of fertilizers and weather conditions on horizontal structure of a meadow. III. Phytocoenotic level. *Biological sciences*, 1982, no. 1, pp. 54–59. (in Russian)
- Mirkin B.M., Zlobin Yu.A. [a review]. *Biological sciences*, 1990, no. 1. P. 156–158. – Book review: P. Dzhiller. Structure of community and ecological niche. Moscow: Mir, 1988, 176 p. (in Russian)
- Naumova L.G. Allocation of ecological species groups and classification of vegetation using transformed Dyce's coefficient. Abstract of diss. Cand. biol. sci., Tartu, 1977, 24 p. (in Russian)
- Naumova L.G., Mirkin B.M., Rozenberg G.S. Studies of ecology of the flowering plants families by ordinary methods. *Ukrainian Botanical Journ.*, 1983, vol. 40, no. 1, pp. 17–20. (in Ukrainian)
- Oksanen L. Logic of experiments in ecology: is pseudoreplication a pseudoissue? *Oikos*, 2001, vol. 94, pp. 27–38.
- Orlov A.I. Applied statistics. Moscow: Ekzamen, 2004, 671 p. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Optionality error for the transformed Dyce's coefficient. *Statistical methods of vegetation classification and assessment of its relationship with the environment*. Ufa, 1975, pp. 223–227. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Models in phytocenology. Moscow: Nauka, 1984, 256 p. (in Russian)
- Rozenberg G.S. [a review]. *Biological sciences*, 1988, no. 1, pp. 110–111. – Book review: Classification of vegetation of the USSR (using floristic criteria). Ed. by B.M. Mirkin. Moscow, 1986. (in Russian)
- Rozenberg G.S. [a review]. *Biology Bulletin Reviews*, 1992, vol. 53, no. 4, pp. 633–634. – Book review: Grodzinskiy

- Рудаков К.М., Миркин Б.М. Градиентный анализ сегментальной растительности Башкирского Зауралья. *Бот. журн.*, 1986, т. 71, № 6, с. 773–780.
- Сайфуллина Н.М., Ямалов С.М., Шайхисламов Э.Ф., Миркин Б.М. Статистический анализ восстановительных сукцессий зарастания заброшенных населенных пунктов в горнолесной зоне Республики Башкортостан. *Экология*, 2008, № 5, с. 385–389.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Пер. с англ. Б.М. Миркина и Г.С. Розенберга; ред. и предисл. Т.А. Работнова. М.: Прогресс, 1980, 328 с.
- Уланова Н.Г., Жмылёв П.Ю., Федосов В.Э. Эколого-ценотический и биомрфологический анализ растительного покрова. М.: Изд. Биофак МГУ, 2017, 68 с.
- Фёдоров В.Д. Иван Дмитриевич Папанин. *Абсурды. Вторая книга рассказов*. СПб.: Облик, 2001, с. 100–104.
- Фогель А., Оуэнс А., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. М.: Мир, 1969, 230 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра, 2014, 314 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х кн. М.: Наука, 2005, кн. 1, 281 с.; кн. 2, 337 с.
- Cole L.C. The measurement of interspecific association. *Ecology*, 1949, vol. 30, no 4, pp. 411–424.
- Dice L.R. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, 1945, vol. 26, no. 3, pp. 297–302.
- Gauch H.G. ORDIFLEX a flexible computer program for four ordination techniques: weighted averages, polar ordination, principal component analysis and reciprocal averaging: Release B. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1977, 195 p.
- Gauch H.G. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1982, 314 p.
- Goodall D.W. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Austral. J. Bot.*, 1954, vol. 2, pp. 304–324.
- Hennekens S.M. TURBO (VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. Version 1.0. IBNDLO. Lancaster: Lancaster Univ. Press, 1996, 52 p.
- Hill M.O. TWINSPAN a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and the attributes. *Ecology and Systematic*. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1979, 48 p.
- Hurlbert S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monographs*, 1984, vol. 54, pp. 187–211.
- Hurlbert S.H. On misinterpretations of pseudoreplication and related matters: a reply to Oksanen. *Oikos*, 2003, vol. 104, pp. 591–597.
- A.M., Zlobin Yu.A., Mirkin B.M., Naumova L.G. The dictionary of agrophytocenology and grassland science. Kiev: Naukova dumka, 1991. (in Russian)
- Rozenberg G.S. And I was engaged, sorry for expression, to educate myself [a review]. *Bereginya: newspaper* (Nyzhnij Novgorod), 1997, no. 6, p. 10. – Book review: Mirkin B.M., Naumova L.G. *Ecology of Russia*. M., 1996. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Someone from great said, that for children need to write as for adults... [a review]. *Zelenyj mir: newspaper* (Moscow). 2001, no. 19–20, p. 23. – Book review: Mirkin B.M., Naumova L.G. *Popular environmental dictionary*. Moscow, 1999, 304 p.; Mirkin B.M., Naumova L.G. *Role-playing games in ecology. Manual for teachers*. Moscow, 2000, 272 p.; Mirkin B.M., Naumova L.G. *Rejuvenating apples for the Earth*. Ufa, 2000, 264 p. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Statistical methods in phytocenology at the turn of the Millennium (to the 50<sup>th</sup> Anniversary of a release of P. Greyg-Smith's monograph). *Actual problems of Geobotany*. III All-Russian school-conference. Lectures. Petrozavodsk, 2007, pp. 72–116. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Introduction to the theoretical ecology. In 2 vol.; 2<sup>th</sup> ed. Toliatti: Kassandra, 2013, vol. 1, 565 p.; vol. 2, 445 p. (in Russian)
- Rozenberg G.S. Three, seven, ace... (about the nature of "cyclicality" of statistical series). Toliatti: Kassandra, 2016, 52 p. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Feklistov P.A. Forecasting annual growth of trees by self-organization methods. *Russian Journal of Ecology*, 1982, no. 4, pp. 43–50. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Haziev F.H., Mirkin B.M. About some features of creation of long-term ecological programs. *Problems of social ecology*: Abstracts of I All-Union conf., vol. 3. L'vov: AN SSSR, 1986, pp. 58–60. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Mirkin B.M. Evolution and comparison of residency techniques. *Statistical methods of soil analysis, vegetation and their relationships* Ufa, 1978, pp. 95–117. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Mirkin B.M., Ruderman S.Yu. The experience of the application of theory of a pattern recognition to assess soil salinity by vegetation. *Russian Journal of Ecology*, 1972, no. 6, pp. 31–34. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Naumova L.G., Burceva E.I. On mathematical correctness of the TKD index. *Ecology and cenology of Central Yakutia meadows*. Yakutsk, 1978, pp. 165–169. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Nazirova Z.M., Mirkin B.M. [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1980, vol. 85, no. 1, pp. 129–131. – Article review: K. Helmeke. On the methods of assessing the stability of phytocenoses // *Arch. Natur. und Landschaft*. 1975. Bd. 15, no. 3, pp. 133–135. (in Russian)
- Rozenberg G.S., Shitikov V.K., Brusilovskij P.M. Environmental forecasting (the functional time series predictors). Toliatti, 1994, 185 p. (in Russian)

- Oksanen L.* Logic of experiments in ecology: is pseudoreplication a pseudoissue? *Oikos*, 2001, vol. 94, pp. 27–38.
- Whittaker R.* Direct gradient analysis: techniques. *Handbook of Vegetation Science. Vol. 5. Ordination and Classification of Vegetation*. Hague: W.B. Junk Co., 1973, pp. 7–30.
- Rudakov K.M., Mirkin B.M.* Gradient analysis of segetal vegetation of Bashkirian Zauralye. *Botanical Journ.*, 1986, vol. 71, no. 6, pp. 773–780. (in Russian)
- Sajfullina N.M., Yamalov S.M., Shajkhislamova E.F., Mirkin B.M.* Statistical analysis of progressive succession in the vegetation of abandoned villages in the mountain forest zone of Bashkortostan. *Russian Journal of Ecology*, 2008, no. 5, pp. 385–389. (in Russian)
- Shitikov V.K., Rozenberg G.S.* Randomization and bootstrap: statistical analysis in Biology and Ecology using R. Toliatti: Kassandra, 2014, 314 p. (in Russian)
- Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D.* Quantitative Hydroecology: methods, criteria, solutions: in 2 books. Moscow: Nauka, 2005. Book 1, 281 p.; Book 2, 337 p. (in Russian)
- The problems of ecological experiment (Planning and analysis of observations). Toliatti: Kassandra, 2008, 274 p. (in Russian)
- Ulanova N.G., Zhmylev P.Yu., Fedosov V.E.* Ecological-ecentotic and biomorphological analysis of vegetation cover. Moscow, 2017, 68 p. (in Russian)
- Vasilevich V.I.* Statistical methods in Geobotany. Leningrad: Nauka, 1969, 232 p. (in Russian)
- Whittaker R.* Direct gradient analysis: techniques. *Handbook of Vegetation Science. Vol. 5. Ordination and Classification of Vegetation*. Hague: W.B. Junk Co., 1973, pp. 7–30.
- Whittaker R.H.* Communities and Ecosystems. Moscow: Progress, 1980, 328 p. (in Russian)
- Zlobin Yu.A., Mirkin B.M.* [a review]. *Bull. of the Mosc. Soc. of Naturalists. Dept. of Biol.*, 1997, vol. 102, no. 2, p. 74. – Book review: Ulanova N.G. Mathematical methods in geobotany. Moscow, 1995. (in Russian)

## QUANTITATIVE METHODS OF PHYTOCENOLOGY IN THE WORKS OF BORIS M. MIRKIN AND THEIR CURRENT STATE

Rozenberg Gennady Samuilovich

Doctor of Biology, Chief Researcher, Dept. of modeling and management of ecosystems, Institute of Ecology of the Volga river basin of Russian Academy of Sciences; 10, Komzina Str., Togliatti, 445003, Russia; genarozenberg@yandex.ru

### Key words

phytocenology  
vegetation  
structure  
dynamics  
quantitative methods  
B.M. Mirkin

**Abstract.** We discuss methods for the quantitative analysis of vegetation: experimental design, simple statistical parameters and criteria, methods of ordination of vegetation, geobotanical indication, quantitative methods of classification, studying its dynamics, etc. We have considered the contribution of Professor B.M. Mirkin in quantitative methods of phytocenological studies and their current state.

**Received for publication** 17.09.2018