

В. Г. ВОЛКОВА

ДЕТАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОРДИНАЦИИ

Для изучения структуры природной среды перспективен метод комплексной ординации, который разрабатывается в настоящее время в Институте географии Сибири и Дальнего Востока. Сущность метода заключается в систематизации и количественной оценке всех главнейших соотношений между компонентами геосистемы и выявлении руководящих факторов интеграции этих компонентов (Сочава и др., 1967).

Метод комплексной ординации требует обширной количественной информации. Наблюдения должны проводиться на конкретном ландшафтно-экологическом профиле одновременно за всеми факторами среды (радиацией, микроклиматом, почвенными и микробиологическими процессами, продуктивностью биомассы и пр.), что дает возможность выявить кинетику изучаемых геосистем. Это составляет характерную особенность метода комплексной ординации и отличие его от традиционных исследований, проводимых на гомогенных пробных площадях. Результаты наблюдений в дальнейшем обрабатываются статистически и сопоставляются.

Одним из важных условий применения метода комплексной ординации является наличие крупномасштабных карт или планов растительности и рельефа. Планы и количественные исследования по методу комплексной ординации взаимно дополняют и обогащают друг друга, что позволяет делать более обоснованные выводы относительно структуры и границ фитоценозов.

Указанное назначение детального крупномасштабного плана растительности имелось в виду при исследованиях на полигон-трансекте, заложенном на ключевом участке Харанорского степного стационара Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Нами был составлен план растительности этого полигон-трансекта в м. 1:2000 методом инструментальной съемки и сделаны описания всех встреченных сообществ. Трансект шириной 100 м и длиной 1300 м пересекает весь исследуемый ключевой участок примерно с севера на юг. Достаточно крупный масштаб плана позволил показать микроструктуру растительного покрова и учесть характер границ сообществ. В статье приводятся лишь фрагменты (*a—d*) этого трансекта (рис. 1). При съемке была принята во внимание карта растительности (и описание к ней) всего ключевого участка в м. 1:10 000, выполненная Т. И. Исаченко (1965).

Трансект заложен в условиях спокойного рельефа: преобладают пологие формы. Абсолютные высоты на трансекте 805—870 м.

Разнообразие растительных сообществ в значительной степени определяется характером рельефа и мощностью рыхлых отложений. Значительная часть территории ключевого участка занята мезофитноразнотравно-тырсовыми степями [*Stipa baicalensis* Roshev., *Hemerocallis minor* Mill., *Thalictrum petaloideum* L., *Clematis hexapetala* Pall., *Carex pediformis* C. A. M.], тяготеющими к склонам южной и восточной экспозиции, и мезофитноразнотравно-пикмовыми [*Tanacetum sibiricum* L., *Oxytropis myriophylla* (Pall.) DC., *O. filiformis* DC., *Iris ruthenica* Ker-Gawl., *Scutellaria baicalensis* Georgi], приуроченными к склонам северной экспозиции. По нижним частям склонов южной и восточной экспозиции встречаются вострещово-тырсовые и вострещовые степи [*Aneurolepidium pseudoagropyrum* (Trin.) Nevski, *Koeleria gracilis* Pers., *Thermopsis lanceolata* R. Br.]; в днищах падей и распадков — зубровкаво-вейниковые [*Hierochloë glabra* Trin., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Sanguisorba officinalis* L.] и осоково-разнотравные дуга [*Carex pediformis* C. A. M., *C. drymophilla* Turcz., *Artemisia tanacetifolia* L., *Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.], испытывающие погодичные флюктуации видового состава. Вершинные и привершинные поверхности южной экспозиции заняты серийными сообществами типчаковых степей [*Festuca lenensis* Drob., *Chamaerhodos trifida* Ldb., *Arctogeron gramineum* (L.) DC., *Arenaria capillaris* Poir.].

При выявлении сообществ в поле мы встретились с рядом трудностей, связанных со значительной нарушенностью растительности в результате жизнедеятельности сурков (рис. 1). На сурчинах, или бутанах, образуются, как правило, достаточно четко ограниченные микрообщества, характерные для всей степной части юго-восточного Забайкалья. В некоторых случаях два соседних бутана разделяются размытым переходом; иногда такие границы имеются у бутанов, почти слившихся с окружающей степью. В настоящее время почти все бутаны заброшены и находятся в различных стадиях зарастания от бурьянистой до дерновиннозлаковой. Занимаемые ими площади составляют примерно от 7 до 22% площади степей на склонах разной экспозиции и создают пестроту растительного покрова (Волкова, 1966).

Главнейшие результаты наших работ, согласно общей задаче исследований по разработке метода комплексной ординации, изложены в вышеупомянутой статье коллектива авторов (Сочава и др., 1967). Ниже сообщаются некоторые вопросы более специального характера, касающиеся крупномасштабного картографирования и изучения структуры растительного покрова в зависимости от влияющих на нее факторов.

При составлении плана растительности мы старались в каждом отдельном случае отразить характер пространственных переходов между растительными сообществами, поскольку крупный масштаб позволяет это сделать.

Нами приняты следующие типы переходов, или границ.

1. Отчетливый. (На карте изображается сплошной линией).
2. Мозаичный со взаимным проникновением фрагментов обоих сообществ на территорию друг друга в виде островов и языков. (Изображается ломаной линией).
3. Размытый. (Изображается прерывистой линией).
4. Условный, т. е. постепенный переход между сообществами разных ассоциаций на конкретном участке. (Изображается прерывистой линией с точками).

Легенда к плану построена таким образом, что сообщества расположены по возможности в порядке их сходства друг с другом по составу и структуре.

Цифры в легенде присвоены ассоциациям, варианты ассоциаций различаются дополнительно буквенными индексами, например *11a*, *10a*; серийные сообщества, помимо цифры и индекса, обозначаются буквой «с».

Названия всех сообществ строятся по доминантам и некоторым характерным видам. На карте сообщества изображаются сочетанием знаков, присвоенных доминантам. Например, пижма обозначается точками, тырса — наклонной штриховкой, а тырсово-нижмовые сообщества — наклонной штриховкой с точками (рис. 1, 5).

Производные сообщества — сурчины (или бутаны) — выделяются в пределах ассоциации контуром с залитым кружком.

В целях более глубокого познания структуры растительных сообществ на трансекте нами проводилось изучение структуры растительности посредством фотокамеры (Волкова, 1965). В результате мы получили данные по 250 метровым квадратам, закартированным в м. 1 : 5, расположенным в среднем через 5 м по всему трансекту. Объект картирования в этом случае — площадь основания каждого растения как одна из наименее подвижных характеристик растительности в течение вегетационного периода (Понятовская, 1964). Помимо картины изменения покрытия основаниями растений для каждого вида по всему трансекту, мы располагаем также сведениями о распределении числа экземпляров каждого вида по трансекту, числе видов и общем покрытии основаниями растений на каждом квадрате.

Анализ фактического материала был проведен с помощью графического и статистического способов обработки. Последовательно для каждой пары квадратов мы вычисляли индекс различия на основе общеизвестной формулы коэффициента сходства Жаккара:

$$R_1 = 100 \frac{c \cdot 100}{a + b - c},$$

где a — число видов на 1-м квадрате; b — число видов на 2-м квадрате; c — число общих видов.

В этом случае учитывались только флористические показатели.

Так же последовательно для каждой пары квадратов определялся другой индекс различия, основанный на количественных данных по каждому виду. При составлении формулы этого индекса мы использовали в качестве числителя примененную В. И. Василевичем (1962) формулу расстояния между точками в многомерном пространстве:

$$R = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 + \dots}$$

В нашем случае покрытие каждого вида 1-го квадрата обозначается $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$; 2-го квадрата — $y_1, y_2, y_3, \dots, y_i$; поэтому числитель равен $\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$.

Таким образом, количественный индекс различия R_2 между парой квадратов вычисляется по формуле

$$R_2 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n z_i^2}},$$

¹ Для каждой пары квадратов R_2 был вычислен на электронносчетной машине БЭСМ-2М. Составление программы и счет на машине выполняли Л. Хорун, А. Баржапов и Н. Двинских.

где x_i — площадь оснований какого-либо вида в 1-м квадрате;
 y_i — площадь оснований того же вида во 2-м квадрате;
 $n = 1, 2, \dots, n$ — число видов;
 $z_i = \max(x_i, y_i)$, т. е. наибольшая площадь оснований для i вида в 2 сравниваемых квадратах.

Индекс различия R_2 изменяется в пределах от 0 до 1 ($1 \geq R \geq 0$), причем при значениях, близких к единице, квадраты значительно отличаются друг от друга, а по мере приближения к 0 их разница стирается.

Перейдем к конкретным примерам. На плане растительности (рис. 1, ∂) на участке протяжением 250 м пижмовая степь с тырсой постепенно через промежуточные сообщества — тырсово-пижмовое и пижмово-тырсовое — переходит в тырсовую с пижмой. Границы между этими сообществами условные, т. е. имеется континуум. На рис. 2, ∂ изображены графики для этого же участка, построенные по конкретным значениям двух индексов различия, R_1 — качественного и R_2 — количественного, составленного на основе данных покрытия по всем видам. Прерывистыми линиями показаны максимальный и минимальный уровни индексов различия. На графике значения индексов различия в пределах каждого сообщества примерно одинаковы, т. е. численное выражение индексов различия между каждой парой квадратов в этих сообществах держится на одном уровне. А в переходной зоне между указанными сообществами значения индексов различия снижаются. В данном случае получается, что по мере «сближения» пижмовой и тырсовой степи в промежуточных сообществах — тырсово-пижмовом и разнотравно-пижмово-тырсовом — разница в видовом составе и количественных соотношениях между видами снижается, хотя амплитуда колебаний значений увеличивается.

Анализ соответствия растительных сообществ геоморфологическим поверхностям и литологическим разностям показал их достаточно четкую сопряженность (Сочава и др., 1967). Выделенный нами континуум весь лежит в пределах древней поверхности выравнивания и плавно сменяющей ее нижней денудационно-аккумулятивной части нагорного недимента. К первой поверхности тяготеет пижмовая степь, ко второй — тырсовая. Преобладание пижмовых степей, как правило, связано со значительной щелбнистостью почв, которая является в данном случае одним из ведущих факторов среды. Тырсовые степи, напротив, приурочены к почвам с доминированием мелкоземистой фракции. На рассматриваемом участке трансекта мы наблюдаем уменьшение щелбнистости почв от пижмовой степи к тырсовой.

Сопряженность выявлена также и для некоторых других показателей. Запасы влаги в почве, по данным Т. И. Хохловой, несколько меньше в пижмовой степи по сравнению с тырсовой, а между ними наблюдается очень плавное изменение. Максимальная продуктивность травостоя, по материалам Н. П. Дружининой, меньше в пижмовой степи, но значительно больше в тырсовой, а в промежуточных сообществах значения продуктивности меняются в зависимости от преобладания пижмы или тырсы. Кривые максимальной продуктивности эдификаторов — пижмы и тырсы — имеют противоположный характер, т. е. там, где максимум пижмы, минимум тырсы и наоборот; переход также нечеткий (Сочава и др., 1967).

Таким образом, на данном участке трансекта с выделенным нами при составлении плана континуумом в растительном покрове между ассоциациями пижмовой и тырсовой формаций мы не обнаружили четких рубежей в условиях окружающей среды, а также в структуре растительности и ее продуктивности.

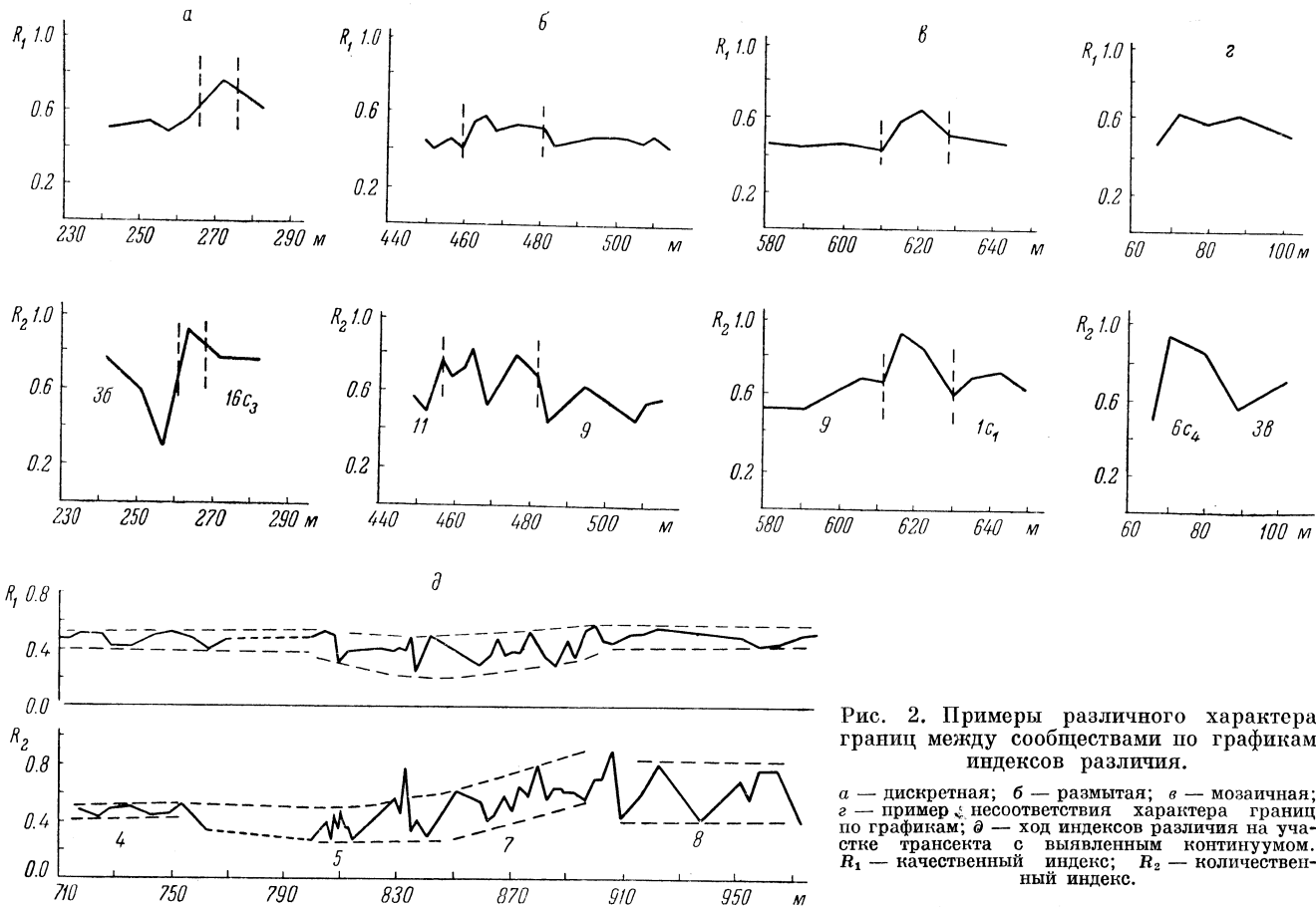


Рис. 2. Примеры различного характера границ между сообществами по графикам индексов различия.

a — дискретная; *б* — размытая; *в* — мозаичная; *г* — пример несоответствия характера границ по графикам; *д* — ход индексов различия на участке трансекта с выявленным континуумом. R_1 — качественный индекс; R_2 — количественный индекс.

Подобные выводы относительно условий существования континуума в растительном покрове были сделаны Дж. Т. Куртисом и Р. П. Макинтошем (Curtis a. McIntosh, 1951).

Но чаще всего при составлении плана мы имели дело не с континуумом, а с размытыми на сравнительно небольшом протяжении границами.

Размытые границы разделяют сообщества, достаточно сходные по видовому составу и сложенню. Это является следствием незначительных изменений в условиях окружающей среды. По трансекту такие границы имеются, например, на склоне южной экспозиции между сообществами, представляющими ассоциации тырсовой формации (рис. 1, б, 9, 11).

Отчетливые рубежи на нашем плане наблюдаются между сообществами, представляющими ассоциации разных формаций и типов растительности, и соответствуют значительным изменениям в условиях окружающей среды. Так, отчетливая граница имеется между тырсово-типчаково-осоково-пижмовой степью с разнотравьем (3б) и зубровкаво-вейниковым лугом (15с₃) в нижней части склона северной экспозиции (рис. 1, а), а также между осоково-типчаково-пижмовой степью с разнотравьем и тырсой (3в) и осоково-тырсово-пижмовым серийным сообществом пижмовой степи (6с₄) в верхней части склона северной экспозиции (рис. 1, г).

Мозаичные границы, по сути дела, близки к отчетливым и наблюдаются в местах резкой и неравномерной смены экологических условий. По трансекту они отмечены между сообществами, относящимися к ассоциациям разных формаций, например, на стыке мезофитноразнотравно-тырсовых (9) и хамеродосово-типчаковых с разнотравьем и осокой степей (1с₁) в верхних частях склона южной экспозиции (рис. 1, в). Граница имеет изрезанную конфигурацию благодаря взаимному проникновению фрагментов обеих сообществ.

Там, где склон южной экспозиции более полого сменяется вершинной поверхностью, мезофитноразнотравно-тырсовая степь (9) непосредственно не граничит с хамеродосово-типчаковой (1с₁). Здесь уже выделяется сочетание мезофитноразнотравно-тырсовой (9) и хамеродосово-типчаковой с разнотравьем и осокой степи (1с₁) (рис. 1, в, 2).

Теперь сопоставим фрагменты плана растительности трансекта (рис. 1, а—г) с графиками, построенными по индексам различия (рис. 2, а—г). Имея в виду, что количественные индексы различия в значительной мере определяются преобладающими видами, мы сравниваем их с качественными индексами, составленными с учетом только присутствия или отсутствия видов.

На рис. 2 показано, каким образом различные категории границ выглядят на графиках качественных и количественных индексов различия, построенных по (фактическим) неосредненным данным. Следует отметить, что отнесение границ между сообществами к определенной категории проводилось не только по графикам индексов различия, но и по другим признакам, например по «поведению» доминантов, характерных видов, общих показателей (число видов, покрытие), по физиономическим показателям, которые фиксировались в процессе картографирования и описания растительности, а также по некоторым данным ординации.

На рис. 2, а выступает дискретная граница между тырсово-типчаково-осоково-пижмовой степью и зубровкаво-вейниковым лугом (рис. 1, а). Дискретность выражена пиком как качественного (R_1), так и количественного (R_2) индексов, несколько смещенных относительно друг друга.

Рис. 2, г характеризует отчетливый переход между серийным сообществом пижмовой степи и осоково-типчаково-пижмовой степью (рис. 1, г). В этом случае на графике качественных индексов граница не выражена,

а на графике количественных индексов переход выражен достаточно четко. Невыраженность перехода на графике качественных индексов вполне понятна, так как видовой состав серийного сообщества пижмовой степи и коренной пижмовой ассоциации по сути дела и не должен заметно отличаться. Количественные же соотношения видов тут имеют значительные различия, так как в серийном сообществе травостой более разрежен.

На рис. 2, б приводится пример размытой границы. На общем фоне более низких индексов размытая граница выражена рядом пиков и провалов на протяжении 30 м (от 455 до 485 м). Уровень индексов в пределах границы сравнительно невысок и не превышает 0.6 для качественных индексов и 0.8 для количественных индексов, что вместе со значительным протяжением (30 м) свидетельствует о размытом переходе между двумя сообществами тырсовой степи (рис. 1, б).

Характер мозаичной границы между мезофитноразнотравно-тырсовой и хамеродосово-типчаковой степью (рис. 1, в) виден на рис. 2, в. Здесь на протяжении примерно 20 м вследствие пятнистости травостоя качественные и количественные индексы различия между площадками имеют высокие значения, превышающие последние по обе стороны от границы.

Во всех четырех случаях отмечается более низкий уровень индексов различия и меньшая амплитуда колебаний на графиках качественных индексов по сравнению с графиками количественных индексов. Уровень качественных индексов колеблется незначительно, в среднем в пределах от 0.3 до 0.6, тем самым показывая, что флористический состав сообществ достаточно близок на протяжении всего трансекта (т. е. 70—40% сходства). Интересно, что уровень различия, равный 0.3 и меньше, т. е. 70% сходства, характерен как раз для участка, где наблюдается континуум растительности (рис. 2, д).

Основные рубежи в виде отдельных пиков с индексами различия 0.65—0.75 соответствуют на плане растительности отчетливым границам.

Отчетливые границы у нас наблюдались на стыке сообществ, принадлежащих разным формациям и типам растительности. Четко выделялись также серийные и производные сообщества.

Размытые и условные границы, за отдельным исключением, на этом графике не выявляются. Поэтому первоначально при анализе характера границ по карте следует пользоваться качественным критерием, а затем рекомендовать количественный критерий для выявления размытых и условных границ. К подобным выводам, имея в виду классификацию ельников Эстонии, пришел Т. Э. А. Фрей (1967).

Таким образом, в степях Забайкалья, как показал наш опыт, практически невозможно по качественному флористическому составу выделить ассоциации, тогда как растительные формации по этому признаку определяются достаточно четко. Ассоциации выявляются по количественным соотношениям видов растений, а также по некоторым показателям среды и другим данным.

Уровень количественных индексов различия по покрытию изменяется в пределах от 0.2 до 0.95. При сравнении с планом растительности оказалось, что на границах сообществ этот уровень поднимается до значений 0.8—0.95 (рис. 2), а в пределах сообществ имеет значение 0.4—0.8, выделяя, таким образом, более или менее однородные сообщества. На участке континуума уровень количественных индексов различия несколько ниже относительно индексов различия сообществ. Как правило, границы между сообществами разных формаций на графике более четко выделяются, чем границы между сообществами одной формации (рис. 1, а, б; 2, а, б).

Опыт показал, что выявленные статистическим способом единицы в большинстве своем соответствуют единицам, полученным в результате анализа плана растительности. В отдельных случаях единицы, выделенные на основе количественных показателей, оказываются более дробными, чем полученные путем картирования. Статистическая обработка позволила нам в некоторой степени раскрыть сложную картину переходов одних сообществ в другие и выявить при этом некоторые закономерности. В целом, учитывая довольно высокую степень соответствия единиц, полученных обоими способами, статистическим и картографическим, необходимо отметить положительную роль статистических методов, дающих единый подход к изучению растительности, независимый от субъективных ошибок каждого исследователя.

Все сказанное подтверждает, что к решению задач комплексной ординации необходимо привлекать планы и крупномасштабные карты растительного покрова. Опыт показал, что планы растительности, так же как и геоморфологические планы, являются связующим звеном при сопоставлении друг с другом различных показателей природных режимов, полученных методом комплексной ординации. Наличие крупномасштабного плана растительных сообществ трансекта открывает возможность для применения статистических и графических методов обработки данных о структуре растительности и ее связях с другими компонентами геосистемы, что очень существенно для комплексной ординации. Планы являются также важной придержкой при выборе точек наблюдений на трансекте.

План (или карта) с показом разного типа границ помогает понять пространственные изменения по трансекту показателей фациальных природных режимов, служит опорой при обосновании тех или иных закономерностей. Без такого плана практически невозможно решать вопросы дискретности и непрерывности различных признаков геосистем. Несоответствие содержания выделов плана и их границ с показателями среды указывает на необходимость дальнейших поисков для получения достоверных выводов. При комплексной ординации очень важно границы на плане растительности показывать с учетом их выраженности. В частности, на нашем плане выделено четыре типа переходов: отчетливый, мозаичный, размытый и условный (в случае континуума). Они оказались в разной степени сопряженными с подобным характером переходов продуктивности травостоя, числа побегов, покрытия основаниями растений, геоморфологическими, геохимическими и другими показателями окружающей среды (Сочава и др., 1967).

Представление о характере границ растительных сообществ дает возможность исследователям других компонентов геосистемы сравнить характер переходов своих единиц с переходами растительности, а также объем своих единиц с соответствующими единицами растительности. Работы в этом направлении помогут глубже вскрыть причины неоднородности растительного покрова и характер сопряженности растительности с отдельными компонентами среды.

Невозможно обойтись без показа на картах и планах динамики растительности. Выделение коренных и производных сообществ, а также различных стадий серийных сообществ часто дает ключ к пониманию «скачков» в ходе ряда показателей. Так, например, на нашем плане большое место занимают производные зоогенные и серийные сообщества. В результате на графиках имеются заметные отклонения в изменении показателей.

В дальнейшем данные, полученные по методу комплексной ординации, позволят разработать более совершенные карты растительности с отражением на них выявленных ординацией закономерностей в растительном

покрове и связи его с экологическими факторами. При этом данные ординации представится возможным показывать на самих планах, а путем генерализации — на геоботанических картах, охватывающих значительные площади.

ЛИТЕРАТУРА

Василевич В. И. 1962. О количественной мере сходства между фитоценозами. В кн.: Проблемы ботаники, VI, М.—Л. — Волкова В. Г. 1965. Использование фотокамеры для получения количественных данных по структуре растительного покрова степей. Бот. журн., т. 50, № 12. — Волкова В. Г. 1966. Влияние бутанов тарбагана на степи юго-восточного Забайкалья. В кн.: Природа, население и хозяйство Сибири (Матер. 3-й конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока). Иркутск. — Грейг-Смит П. 1967. Количественная экология растений. М.—Исаченко Т. И. 1965. Опыт картографирования динамики степной растительности. В кн.: Геоботаническое картографирование. 1965. М.—Л. — Понятовская В. М. 1964. Учет обилия и особенности размещения видов в сообществе. В кн.: Полевая геоботаника, т. III. М.—Л. — Сочава В. Б. 1966. Районирование и картография растительности. В кн.: Геоботаническое картографирование. 1966. М.—Л. — Сочава В. Б., В. Г. Волкова, Н. П. Дружинина, Г. Н. Мартынова, Э. Н. Михайлова, В. А. Снытко, З. А. Титова, Т. И. Хохлова. 1967. Метод комплексной ординации и его значение в ландшафтоведении и биогеоценологии. Докл. Инст. геогр. Сибири и Дальнего Востока, вып. 14, Иркутск. — Сочава В. Б., В. А. Ряшин, А. В. Белов. 1963. Главнейшие природные рубежи в южной части Восточной Сибири. Докл. Инст. геогр. Сибири и Дальнего Востока, вып. 4, Иркутск. — Фрей Т. Э. А. 1967. О математико-фитоценологических методах классификации растительности. Автореф. дисс. Тарту. — Curtis J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, v. 32, № 1.

Василевич В. И. 1962. О количественной мере сходства между фитоценозами // Проблемы ботаники, VI, М.; Л.

Волкова В. Г. 1965. Использование фотокамеры для получения количественных данных по структуре растительного покрова степей // Бот. журн., т. 50, № 12.

Волкова В. Г. 1966. Влияние бутанов тарбагана на степи юго-восточного Забайкалья // Природа, население и хозяйство Сибири (Матер. 3-й конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока). Иркутск.

Грейг-Смит П. 1967. Количественная экология растений. М.

Исаченко Т. И. 1965. Опыт картографирования динамики степной растительности // Геоботаническое картографирование. 1965. М.; Л.
<https://doi.org/10.31111/geobotmap/1965.11>

Понятовская В. М. 1964. Учет обилия и особенности размещения видов в сообществе // Полевая геоботаника, т. III. М.; Л.

Сочава В. Б. 1966. Районирование и картография растительности // Геоботаническое картографирование. 1966. М.; Л. <https://doi.org/10.31111/geobotmap/1966.3>

Сочава В. Б., В. Г. Волкова, Н. П. Дружинина, Г. Н. Мартынова, Э. Н. Михайлова, В. А. Снытко, З. А. Титова, Т. И. Хохлова. 1967. Метод комплексной ординации и его значение в ландшафтоведении и биогеоценологии // Докл. Инст. геогр. Сибири и Дальнего Востока, вып. 14, Иркутск.

Сочава В. Б., В. А. Ряшин, А. В. Белов. 1963. Главнейшие природные рубежи в южной части Восточной Сибири // Докл. Инст. геогр. Сибири и Дальнего Востока, вып. 4, Иркутск.

Фрей Т. Э. А. 1967. О математико-фитоценологических методах классификации растительности. Автореф. дисс. Тарту.

Curtis J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, v. 32, № 1. <https://doi.org/10.2307/1931725>