

МЕТОДИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630*18:581.5

© 1998 г. Л. Б. ЗАУГОЛЬНОВА, С. С. БЫХОВЕЦ, О. Г. БАРИНОВ, М. А. БАРИНОВА

**ВЕРИФИКАЦИЯ БАЛЛОВЫХ ОЦЕНОК МЕСТООБИТАНИЯ
ПО НЕКОТОРЫМ ПАРАМЕТРАМ СРЕДЫ***

Проведена верификация экологических балловых оценок местообитаний (по шкалам Цыганова) путем сопоставления их с некоторыми параметрами среды. Установлена положительная и достоверная корреляция между влажностью почвы, глубиной залегания грунтовых вод и оценками по шкале увлажнения, между pH верхнего горизонта почвы и балловыми оценками по шкале кислотности, а также достоверная корреляция между освещенностью и балловыми оценками по шкале освещенности–затенения.

Факторы среды, балловые экологические шкалы, диагностика местообитаний.

Балловые экологические шкалы хорошо известны в фитоценологии. Можно выделить два типа таких шкал: точечные [23, 26] и диапазонные [3, 15, 20]. В шкалах первого типа положение каждого вида в экологическом пространстве факторов представлено в виде точки, которая соответствует середине (оптимуму) экологической амплитуды вида по данному фактору [22]. Для перехода к оценке амплитуды толерантности используется модель, основанная на кривой Гаузе [22, 25]. Если доля видов с балловой оценкой, равной нулю (виды с широкой амплитудой), велика, то оценка местообитаний с помощью точечной шкалы становится нереальной [28].

В шкалах второго типа приводится диапазон экологической толерантности видов, выраженный в баллах. Размерность балловых шкал различна и варьирует от 5 градаций до 120. Все балловые шкалы дают возможность ординировать виды в экологическом пространстве. Однако этим не ограничиваются возможности их применения.

В отечественной фитоценологии балловые экологические шкалы, начиная с работ Л.Г. Раменского, широко используются для оценки экологических свойств территории на основе описания растительного покрова. С помощью шкал Раменского была осуществлена оценка местообитаний открытых (луговых, степных, полупустынных) сообществ; шкалы Погребняка–Воробьева послужили для кадастровой оценки лесных земель. Выполнена серия работ с целью идентификации климатических шкал и сопоставления шкал, разработанных разными авторами [4, 5].

Традиции экологической оценки местообитания и ординации их в экологическом пространстве с помощью диапазонных шкал практически не развиты в европейской фитоценологии. Хотя сама возможность такой оценки предусмотрена [22, 23, 28], балловые шкалы редко применяются для целей ординации местообитаний [28, 29]. Балловые шкалы используются для расчета видовых диапазонов [22, 25], сравнения

* Работа осуществлена при поддержке Международного научного фонда (Сороса) и ГКНТП "Биологическое разнообразие".

свойств целых групп видов [27], а также для экологической интерпретации результатов ординационных процедур [12, 28]. В отдельных случаях оценки местообитаний, полученные с помощью балловой шкалы, трансформируются в параметры среды [24].

Привлекательность балловой оценки экологических свойств территории состоит, во-первых, в простоте и доступности и, во-вторых, в том, что можно в одних и тех же единицах оценить свойства видов и среды их обитания. В этом случае открываются возможности сопоставления экологических потенций и позиций видов, а значит, прогноза поведения видовых популяций при изменении экологической и климатической обстановки.

Однако при использовании балловых шкал неизбежно возникает вопрос о том, в каком соотношении находится балловая оценка местообитания по тому или иному фактору и соответствующие экологические характеристики среды, которые можно определить приборными методами.

Для выявления таких соотношений на территории Приокско-Тerrasного государственного заповедника была проведена серия (94) геоботанических описаний на площадках размером 25 м². Материал собран в конце июня – начале июля 1994 и 1995 гг. В пределах контура, относительно однотипного по растительности закладывали 4–10 пробных площадок. На каждой площадке в одной-двух точках собирали образцы почвы на глубине 5, 10, 20, 40 см для определения pH водной вытяжки pH-метром по стандартной методике. Кроме того, для каждого контура проводили однократное измерение pH до глубины 100 см. Влажность почвы определяли для верхнего горизонта (0–5 см) как доля влаги (%) от веса воздушно-сухой почвы. На почвенных прикопках устанавливали мощность гумусового или торфянистого горизонта.

Для характеристики радиационного (светового) режима описываемых площадок использован метод фотографирования полого с помощью сверхширокоугольных объектов: “Мир-20” (с углом зрения 96° по диагонали кадра) в 1994 г. и “Зенитар” 2.8/16 – “рыбий глаз” (180° по диагонали) – в 1995 г.; фотоаппарат располагался на высоте 40 см в центре площадки. В качестве оценки “прозрачности” полого определена средняя доля (относительная площадь) просветов в поле зрения объектива (*Gap*).

В 1995 г. на большинстве площадок удалось также определить относительную освещенность (*E*) с помощью люксметра LX-101. На каждой площадке выполняли разовые отсчеты в 60–64 точках в околополуденные часы (период от 10 час 30 мин до 13 час 30 мин местного среднего солнечного времени, что для данного места соответствует 12–15 час московского летнего времени) в малооблачную погоду. Измерения полной освещенности периодически проводили на больших полянах. Заметим, что использование люксметра в экологических исследованиях вызывает критические возражения [17], однако в условиях леса относительные величины освещенности (коэффициенты пропускания света), измеренные люксметром, не слишком сильно отличаются от истинных коэффициентов пропускания фотосинтетически активной радиации [1, 19], поэтому их использование вполне допустимо.

Балловые оценки местообитаний проведены на основе геоботанических описаний с помощью программы ECOSCALE, созданной в Пушкинском Биологическом научном центре Т.И. Грохлиной [7]. Балловая оценка местообитания представляет собой среднюю взвешенную (на обилие) середину интервала всех отмеченных в описании видов сосудистых растений [20], участие каждого вида оценивалось в соответствии со шкалой Браун-Бланке, учет проводился раздельно по ярусам (древостоя, подлеска, травяного или травяно-кустарничкового). Используются следующие шкалы [20]: увлажнения – *Hd* (баллы 1–23), кислотности почвы – *Rc* (1–13), солевого режима почв – *Tr* (1–19), освещенности-затенения – *Lc* (1–9). Увеличение балловой оценки для шкал *Hd* и *Tr* означает увеличение соответственно влажности и трофности почв, для шкалы *Rc* – увеличение показателя pH, для *Lc* – уменьшение освещенности.

Выбор шкал Д.М. Цыганова для балловой диагностики местообитаний определялся следующими обстоятельствами: 1) эти шкалы содержат экологические диапазоны видов, что в большей степени (по сравнению с точечными шкалами) соответст-

Состав растительных сообществ в разных биотопах

Биотоп	Содоминанты древесного яруса	Преобладающие экологические группы	Константные виды
Мелколиственный неморальный	Береза повислая, береза пушистая, осина	Неморальная	Сныть обыкновенная, чина весенняя, звездчатка жестколистная, фиалка удивительная
Смешанный неморально-бореальный	Ель европейская, сосна обыкновенная, липа сердцевидная, дуб черешчатый, береза повислая, береза пушистая, осина	Таежная неморальная, боровая	Сныть обыкновенная, чина весенняя, фиалка удивительная, черника, седмичник европейский, майник двулистный
Боровой	Сосна обыкновенная, дуб черешчатый, береза пушистая	Боровая	Черника, брусника, ландыш майский
Таежный	Ель европейская	Таежная	Черника, брусника
Лугово-опушечный	Отсутствует	Луговая	Овсяница луговая, тысячелистник обыкновенный, ежа сборная

Примечание. Названия растений даны по "Определителю сосудистых растений центра европейской России" (И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. М.: Аргус, 1995).

вует представлениям об амплитудах экологической толерантности видов; 2) эти шкалы характеризуют отношение ко всем наиболее значимым экологическим факторам; 3) они включают наибольшее число видов лесной флоры Центра России.

Характеристика растительности исследованных местообитаний. Оценка местообитаний по балловым шкалам осуществляется на основе видового состава растительного покрова. В данной работе в качестве территориального объекта для такой оценки использован биотоп как участок, средовые характеристики которого преобразованы эдификаторами сообщества. Объем этого понятия ближе всего к представлениям В.С. Ипатова [8]. Названия биотопов даются по доминирующим видам-эдификаторам древесного яруса (или их полному отсутствию) и по преобладающей эколого-ценотической группе видов в травяном или травяно-кустарничковом ярусах.

Набор исследованных биотопов достаточно типичен для подзоны хвойно-широколиственных лесов, а состав растительности хорошо описан в литературе [10]. В табл. 1 дана краткая характеристика растительности исследованных биотопов. В табл. 2 представлены диапазоны их балловых оценок.

В результате исследований в оценку были включены биотопы, характеризующиеся достаточно широким диапазоном условий по основным факторам среды: от переувлажненных с застойным и проточным увлажнением до весьма сухих, от сильно закисленных до нейтрально-щелочных, от глубокогумусированных до практически лишенных гумусового горизонта, от сильно затененных до открытых местообитаний.

Шкалы увлажнения. В работе проведено определение балловых оценок увлажнения по двум шкалам: Раменского (*FE*) и Цыганова (*Hd*). Корреляция между балловыми оценками биотопов по этим шкалам оказалась достаточно тесной: коэффициент линейной корреляции составил 0.866 с уровнем значимости $\alpha = 0.05$, ранговый коэффициент корреляции Спирмена равен 0.60 ($\alpha = 0.0001$).

Соотношение между оценками измеренной влажности почвы и балловыми оценками по Раменскому и Цыганову для всей выборки и для отдельных субвыборок разного объема показаны в табл. 3.

Связь между балловыми оценками и влажностью почвы для всей выборки оказывается довольно слабой, что прежде всего объясняется большим разбросом значений влажности почвы (3–100% и более). Хотя измерения влажности проводили в ограниченный отрезок времени (в 1994 г. – все биотопы в течение 2 нед., в 1995 г. – один би-

Диапазоны экологических оценок биотопов по балловым шкалам

Биотоп	<i>Hd</i>	<i>Tr</i>	<i>Lc</i>	<i>Rc</i>
Мелколиственный неморальный	12.5–13.9	5.1–6.5	4.1–5.4	6.2–8.0
Смешанный неморально-бореальный	11.7–13.9	5.0–6.1	4.1–5.5	5.6–7.6
Боровой	12.2–15.6	4.7–6.1	3.4–5.2	4.4–7.0
Таежный	13.3–13.9	4.3–6.1	4.7–5.5	5.4–7.2
Лугово-опушечный	9.7–12.6	6.0–8.1	2.8–4.5	6.1–8.0

Таблица 3

Коэффициент корреляции Спирмена (ρ) между балловыми оценками режима увлажнения и влажностью почвы на глубине 0–5 см

Шкала	Год	Характер выборки	Число площадок	Коэффициент Спирмена	Уровень значимости
<i>FE</i>	1994	Вся выборка	40	0.26*	0.099
<i>Hd</i>	1994	То же	40	0.44	0.003
<i>FE</i>	1995	1	12	0.77	0.03
<i>Hd</i>	1995	1	12	0.69	0.01
<i>FE</i>	1994	2	14	0.51*	0.06
<i>Hd</i>	1994	2	14	0.69	0.006
<i>FE</i>	1994	3	10	0.37*	0.29
<i>Hd</i>	1994	3	10	0.65	0.04

* Недостоверные коэффициенты.

Примечание. Характер выборки: 1 – мелколиственный неморальный биотоп, 2 – выборка включает опушечно-луговой и боровой биотопы, 3 – смешанный неморально-бореальный биотоп.

отоп в течение одного дня), однако диапазон значений оказался очень существенным даже в пределах одного биотопа, что свидетельствует о значительном пространственном варьировании увлажнения. Несмотря на это обстоятельство, удается с помощью балловых шкал показать различия в режиме увлажнения как в пределах одного биотопа, так и для разных их совокупностей (табл. 3).

Шкала *Hd* различает увлажнение даже в небольшом диапазоне своих значений (13–13.5). Распределение влажности для этой субвыборки оказалось двувёршинным, при этом первый максимум приходился на диапазон 13–13.1 и соответствовал увлажнению 20–40%, а второй – при оценке 13.3–13.5 совпадал с более высокой влажностью почвы (100% и более). В пределах этой субвыборки коэффициент корреляции составил 0.49 с уровнем значимости 0.003.

С другой стороны, при весьма сходном составе растительности и соответственно близких балловых оценках (~13 баллов) могут наблюдаться весьма различные показатели увлажнения, что свидетельствует о весьма динамичном и неравномерном режиме увлажнения подобных биотопов (им соответствуют мелколиственные или широколиственные сообщества с преобладанием неморальных видов). Нужно отметить, что использование такого более консервативного интегрального показателя, как запас продуктивной влаги за период вегетации в слое 0–100 см [6] демонстрирует столь же значительный разброс этого показателя для диапазона шкалы *Hd* от 12 до 13 (запас варьирует от 92 до 152 мм). Однако для значительного градиента увлажнения корреляция оказывается достаточно тесной (0.77), хотя при разных типах почв она может значительно изменяться в сторону снижения тесноты связи [6]. Данные, полученные в 1996 г., позволили определить коэффициент корреляции Спирмена для шкалы *Hd* и глубины залегания грунтовых вод: он оказался относительно высоким

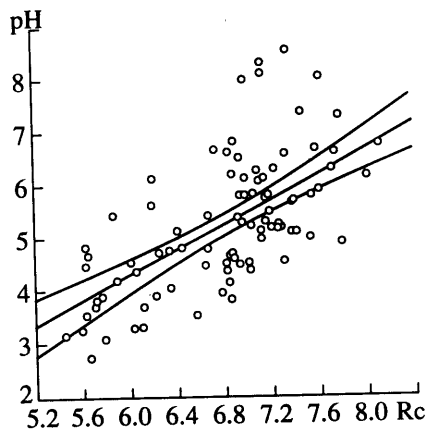


Рис. 1. Связь между балловыми оценками шкалы кислотности (R_c) и величиной pH водной вытяжки почвы (на глубине 0–5 см). Показана линия регрессии и 95%-ный доверительный интервал.

(-0.594) и достоверным (в сборе этого материала принимали участие студенты Московского и Архангельского педагогических университетов Н. Кузнецова и Е. Чуракова). Таким образом, как литературные данные, так и наши наблюдения позволяют говорить о том, что с помощью балловой оценки по шкале увлажнения Hd можно ординировать биотопы по увлажнению как при значительном, так и при сравнительно небольшом диапазоне фактора.

В подавляющем большинстве случаев коэффициент корреляции с влажностью почвы выше для шкалы Hd по сравнению с FE . Такие различия, с нашей точки зрения, объясняются меньшей чувствительностью шкалы Hd к случайным изменениям влажности почвы. Исследование корреляций позволяет заключить, что в большинстве случаев шкала Раменского по режиму увлажнения не имеет преимуществ перед шкалой Цыганова.

Шкала кислотности (R_c). Положительная связь между оценками биотопов по шкале R_c и показателями pH в верхнем горизонте почвы (0–5 см) для всей выборки (рис. 1) прослеживается довольно четко ($r = 0.55$). Для отдельных контуров теснота связи может усиливаться (0.71) или ослабевать (0.20). При значительном диапазоне pH (2.8–8.5) балловые оценки шкалы R_c удовлетворительно дифференцируют местообитания по этому признаку. Однако могут складываться такие ситуации, когда не отмечается каких-либо существенных изменений состава травяного покрова (соот-

Таблица 4

Показатели pH и балловые оценки по шкале R_c для мелколистственного неморального биотопа

Площадка	pH 0–5 см	pH 5–40 см	R_c
13	5.83	6.41	7.1
14	5.70	6.38	7.5
15	5.32	4.73	7.4
16	4.58	4.27	7.1
17	5.87	5.78	7.3
18	5.10	5.53	7.0
19	6.18	6.11	7.1
20	8.54	8.5	8.0
21	8.05	8.28	7.3
22	7.99	7.49	7.6

ветственно изменений балловых оценок) при значительном пространственном варьировании pH. В качестве примера можно привести оценки, полученные для мелколистного неморального биотопа с единичным участием ели (табл. 4). Такое явление связано не столько с несовершенством метода определения балловой оценки биотопа, сколько с объективными причинами.

Во-первых, многие виды лесной флоры имеют очень широкие диапазоны по этому фактору и отмеченный градиент фактора не приводит к исчезновению видов. Во-вторых, отсутствуют зачатки тех растений, которые могли бы стать индикаторами измененной ситуации. В частности, в табл. 3 отражено локальное повышение закисления, которое связано с опадом ели, при этом состав травяного покрова не претерпевает существенных изменений, что отражено в слабом варьировании балловых оценок. В основе подобного явления лежит такое свойство растительности как инерционность, когда состав сообщества не успевает отразить изменения, происшедшие в биотопе.

В общем, шкала кислотности (R_c) удовлетворительно дифференцирует местообитания только с высоким градиентом pH, т.е. в том случае, если происходит смена доминирования экологических групп видов. Эта шкала не способна уловить локальные изменения кислотности даже с большим диапазоном (4,5–8), если отсутствуют (или имеют малое обилие) диагностические виды другой экологической группы по отношению к кислотности почвы.

Нужно заметить, что балловые оценки по шкале R_c для луговых биотопов оказались наиболее высокими, в то время как показатели pH здесь колебались от 6 до 7. В то же время заниженные оценки по R_c получены для лесных биотопов при pH 8–8.5. Таким образом, шкала R_c не способна адекватно ординировать открытые и лесные биотопы при небольших различиях в показателях pH (в диапазоне 6–8.5).

Создается впечатление, что показатель этой шкалы отражает соотношение биотопов при условии их наиболее полного соответствия требованиям видов данного сообщества по отношению к рассматриваемому фактору. В этом случае возникает возможность оценить степень преобразования биотопа по этому фактору путем сопоставления балловых оценок биотопа по шкале R_c и показателям pH. При отсутствии pH-метра точность в пределах 0.5–1 pH обеспечивается при использовании экспресс-методик измерения pH, в том числе посредством универсальной индикаторной бумаги.

На примере этой шкалы мы попытаемся показать эффект, который не привлекал внимание, хотя упоминание о нем имеется в работе Д.Н. Цыганова [20]. Сам способ вычисления балловой оценки биотопа таков, что никогда не могут быть получены крайние значения шкалы. Так, для шкалы R_c минимальная оценка (полученная для сфагнового болота) равна 4.5, а максимальная – 8.5, в то время как сама шкала имеет диапазон от 1 до 13 баллов. В результате работающая для оценки биотопов часть шкалы составляет около 6 баллов (4–9). Примерно таков и диапазон значений pH (2.8–8.5). Таким образом, один балл шкалы биотопов соответствует примерно 2 баллам видовой шкалы и не менее чем 2 единицам pH. Этот эффект “сжатия” шкалы биотопов (по сравнению со шкалой для видов) связан с тем, что большинство видов сообщества имеет широкую амплитуду. Чем больше таких видов, тем значительнее смещение балловой оценки биотопа к центру шкалы. Такое смещение оценок биотопа особенно важно учитывать при обратной операции определения баллового диапазона видов по оценкам местообитаний, а также при определении потенциальной флоры биотопов. Для этих целей необходима разработка поправочных коэффициентов.

Шкала солевого режима почв (Tr). Авторами шкал [15, 20] этот показатель трактуется как почвенное богатство или как содержание растворимых солей, доступных растениям. По экологическому содержанию в качестве одного из соответствующих показателей среды можно рассматривать мощность гумусового горизонта. Хорошо известно, что гумификация обеспечивает создание прочных коллоидных частиц, наличие которых определяет возможность депонирования растворимых солей за счет их адсорбции из почвенного раствора. Эти взаимозависимости отмечаются как в ра-

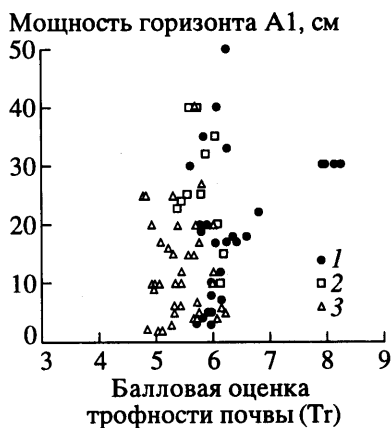


Рис. 2. Соотношение между балловыми оценками трофности почвы по шкале *Tr* и мощностью гумусового горизонта A1. Экотопы по типу подстилающих пород: 1 – известняки, 2 – тяжелые глины, 3 – моренные суглинки.

ботах общего характера [14], так и в ряде частных исследований, где показана прямая связь между содержанием гумуса и некоторых элементов минерального питания [9, 18]. При этом установлена синхронная связь между процессами гумусонакопления и формированием мощности гумусового горизонта [9, 11]. Именно коллоидальные свойства почвы определяют обеспечение растений питательными веществами благодаря активизации почвенной микрофлоры [2]. Отмеченные взаимосвязи позволяют использовать мощность гумусового горизонта для целей верификации оценок биотопов по шкале солевого режима (*Tr*).

Наблюдения показывают, что оценки биотопов по шкале *Tr* не коррелируют с мощностью гумусового горизонта ($r = 0.11$). Картина оказывается аналогичной на трех вариантах экотопов (рис. 2) с разным характером подстилающих пород (известняки, тяжелые глины, моренные суглинки). В результате таких сопоставлений приходится констатировать, что балловая оценка трофности не дает представлений о реальном соотношении биотопов по их почвенному богатству, если его измерять по мощности гумусового горизонта. Мощность гумусового горизонта можно рассматривать в качестве показателя эффективного плодородия, которое оценивается запасом доступных растениям питательных веществ [21] и является результатом как природных, так и антропогенных факторов.

Таким образом, наши исследования показывают, что шкала *Tr* не может служить для оценки актуальной трофности (эффективного плодородия), которая в значительной степени зависит от предшествующих антропогенных воздействий. К этому заключению мы приходим неизбежно, поскольку для основных вариантов биотопов на водоразделах и террасах исследованного речного бассейна (р. Таденка) имеет место широкий размах колебаний мощности гумусового горизонта: для мелколиственных и широколиственных неморальных биотопов – от 4–5 до 40 см, для боровых – от 3–4 до 25 см, для таежных – от 5 до 15 см. При этом диапазон балловых оценок для каждой группы биотопов невелик и не отражает указанного разброса значений. Одна из причин несоответствия балловых оценок и актуальной трофности (эффективного плодородия почвы) – широкий диапазон экологической толерантности по этому комплексному фактору для большинства лесных видов растений.

Исходя из сказанного можно заключить, что биотопы с низкой мощностью гумусового горизонта представляют собой сукцессионные варианты с наиболее измененными свойствами почв (по отношению к тем участкам аналогичного биотопа, где гумусовый горизонт имеет максимальную мощность). По-видимому, спонтанное вос-

становление более высокой трофности возможно в течение 20–50 лет, что находит косвенное подтверждение в некоторых работах, где для сосняка [16] и ельника [13] отмечена тенденция смены растительности, соответствующей более высокой трофности почвы по сравнению с исходной.

Возникает закономерный вопрос о том, чему же соответствует балловая оценка по шкале трофности? Для анализа этой ситуации выборка была разделена на тертили по значениям мощности гумусового горизонта и для каждой субвыборки был определен коэффициент корреляции между баллами трофности и мощностью гумусового горизонта. Самое высокое значение коэффициента ($\rho = 0.42$ при $\alpha = 0.04$) выявлено для нижнего тертила значений. Это позволяет предположить, что баллы этой шкалы скорее всего отражают некоторые предельные возможности каждого типа биотопа, при которых может существовать данный вариант растительности. Можно предположить, что балловая оценка по шкале *Tr* ближе всего к так называемому естественному (т.е. потенциальному на данный период времени) плодородию [21] участка. При таком соотношении открывается возможность анализа степени антропогенных воздействий на каждый из биотопов путем сравнения ординационных схем растительности, с одной стороны, по шкале *Tr*, а с другой – по реальной мощности гумусового горизонта.

Таким образом, баллы шкалы *Tr* обеспечивают лишь очень грубую ординацию биотопов по их потенциальным возможностям, но не по реальному (эффективному) плодородию почв.

Шкала освещенности (*Lc*). Два способа измерения светового режима – прямое определение освещенности (*E*), % от полной и оценка разреженности (*Gap*-доля просветов, %) – дают относительно согласующиеся результаты: коэффициент корреляции Спирмена составляет 0.66 а линейной корреляции – 0.91 (коэффициенты достоверны при $\alpha < 0.05$). Для всей выборки, которая включает как лесные, так и открытые биотопы, корреляция между балловыми оценками шкалы освещенности (*Lc*) и двумя измеряемыми параметрами значительна: $r = -0.88$, $\rho = -0.54$ для *Lc/Gap*, $r = -0.86$, $\rho = -0.55$ для *Lc/E* и достоверна (рис. 3).

Однако если выборка будет ограничена только лесными биотопами, теснота связи между балловыми оценками по шкале *Lc* и параметрами освещенности резко снижается (для *Lc/Gap* $r = -0.49$, $\rho = -0.38$, для *Lc/E* $r = -0.58$, $\rho = 0.37$, но остается достоверной ($\alpha < 0.05$). Эта зависимость отражает увеличение уровня освещенности в борových биотопах по сравнению с мелколиственными неморальными и смешанными: в субвыборке верхнего квартиля по доле просветов (*Gap*) боровые биотопы преобладают (табл. 5).

Еще более слабой и недостоверной оказывается связь *Lc/Gap* и *Lc/E* в пределах одного биотопа (например, мелколиственного неморального). Даже в наиболее освещенных участках (в окнах полога при освещенности до 15–20% от полной) состав травяного яруса существенно не изменяется (табл. 6), по этой причине невелико варьирование балловых оценок по шкале *Lc*.

Мы склонны объяснять такую ситуацию тем, что внутрилесные “окна” удалены от источника зачатков светлюбивых видов и направленного их переноса, как правило, не происходит. В данном случае имеет место инерционность в реакции растительного покрова при локальном изменении освещенности.

На примере шкалы освещенности особенно заметно проявился уже отмеченный ранее эффект смещения оценок к середине шкалы. В данном случае использованные описания охватывали практически весь возможный диапазон условий: от больших полей до сомкнутых лесных сообществ, при этом оценки по шкале *Lc* варьировали от 2.82 до 5.46 баллов (диапазон немногим более 2.5 баллов) при диапазоне видовой шкалы 1–9 (8 баллов). Таким образом, диапазон балловых оценок биотопов сужается более чем в 2 раза в сравнении с диапазоном условий, предусмотренных видовой шкалой. Балловые оценки для крайних условий смещаются к середине шкалы, при этом смещение оказывается несимметричным. Для “теневого” конца шкалы смещение со-

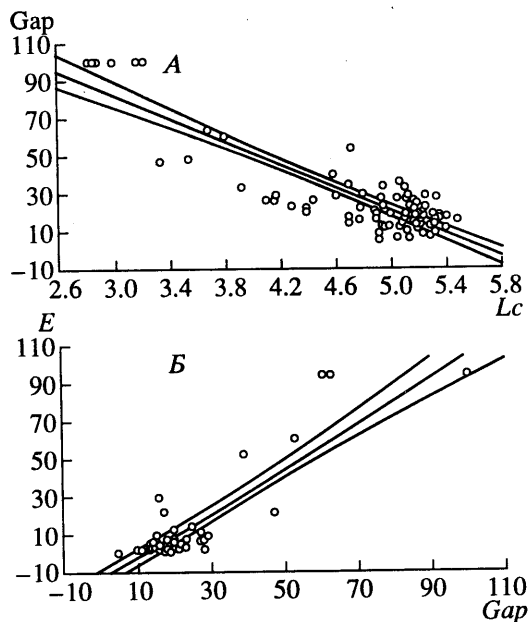


Рис. 3. Соотношение между разными параметрами освещенности: А – между процентом просветов в пологе (Gap) и балловой оценкой по шкале Lc; Б – между процентом просветов в пологе (Gap) и относительной освещенностью (E). Показана линия регрессии и 95%-ный доверительный интервал.

ставляет около 4 баллов, поскольку даже для самых темных участков леса получены оценки, близкие к 5, что соответствует светлым лесам по Цыганову [20]; для “светового” конца шкалы смещение равно примерно 2 баллам (для луговых полей оценка составляет не менее 2.8). Несимметричность смещения можно объяснить тем, что теневых видов растений с узкой амплитудой в составе лесных сообществ сравнительно мало (табл. 6), в то время как видов световой экологии довольно много.

Проведенный анализ показал, что балловая оценка по шкале освещенности (Lc) удовлетворительно дифференцирует разные биотопы по этому фактору при диапазоне освещенности от 10 до 40–60–100% от полной, но она не способна достоверно различить внутривидовые участки одного биотопа с диапазоном освещенности 2–20% от полной, при этом теснота связи снижается при уменьшении градиента освещенности.

Заключение. Сопоставление некоторых измеряемых параметров среды и их балловых оценок по экологическим шкалам для широкого набора биотопов позволило оценить дифференцирующую роль балловых диапазонных шкал при диагностике местообитаний.

Таблица 5

Распределение площадок по типам биотопов в двух
субвыборках с разной долей просветов в пологе (объем каждой субвыборки 20 пл.), %

Тип биотопа	Доля просветов	
	<16%	>30%
Боровой	–	50
Мелколиственный неморальный	60	30
Смешанный неморально-бореальный	40	20

Распределение видов растений по отношению к свету в мелколиственном неморальном биотопе и на опушке, %

Тип участка	Соотношение видов с разным диапазоном по <i>Lc</i>			
	С	ПС	ША	Т
Полог леса	–	50	45	5
“Окно”	–	50	46	4
Опушка	26	40	30	4

Примечание. Диапазоны по шкале *Lc*: С – 1–4(5) баллов (световые), ПС – 1–6 (полусветовые), ША – 1–7(9) – с широкой амплитудой, Т – 3(4)–6(9) баллов (тенивые и полутенивые).

Шкалы Цыганова по увлажнению и кислотности почв более или менее удовлетворительно ординируют биотопы при условии значительного градиента факторов и не всегда могут дифференцировать адекватно локальные изменения внутри биотопа при небольшом градиенте.

Шкала трофности Цыганова не отражает реальных значений богатства почвы, если его измерять мощностью гумусового горизонта. В отношении шкал кислотности и трофности имеется возможность диагностики степени антропогенных нарушений биотопа путем сравнения показателей среды в узком диапазоне балловых оценок.

Шкала освещенности хорошо ординирует биотопы при значительном градиенте этого фактора в верхней части диапазона освещенности и достоверно не различает участки внутри биотопа даже при значительном градиенте в нижней (тенивой) части диапазона.

Дифференцирующие возможности экологических шкал ограничены вследствие инерционности растительного покрова при изменении значений факторов среды.

* * *

Авторы благодарят администрацию Приокско-Террасного заповедника за возможность сбора материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.А. Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. 225 с.
2. Аристовская Т.В. Экологическое значение гумуса для почвенной микробиоты // Расширенное воспроизводство плодородия почв Нечерноземной зоны: Науч. тр. Почв. ин-та им. Докучаева. М., 1987. С. 3–11.
3. Воробьев Д.П. Типы лесов европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 450 с.
4. Дидух Я.П., Плюта П.Г., Каркуцьев Г.Н. Опыт фитоиндикации режимов экотопов р. Ворсклы // Бот. журн. 1991. Т. 76. № 5. С. 699–709.
5. Дидух Я.П., Плюта П.Г. Сравнительная характеристика фитоиндикационных экологических шкал (на примере шкал терморегима и эдафических) // Экология. 1994. № 2. С. 34–43.
6. Дидух Я.П., Каркуцьев Г.М. Оцінка зволоженості екотопів // Укр. ботан. журн. 1994. Т. 51. № 5. С. 64–75.
7. Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г., Комаров А.С. и др. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ. Пушино: ПНД РАН, 1995. 51 с.
8. Ипатов В.С. Отражение динамики растительного покрова в синтаксонемических единицах // Бот. журн. 1990. Т. 75. № 10. С. 1380–1388.
9. Кротов Д.Г. Элементный состав и физико-химическая характеристика гуминовых кислот пахотных дерново-подзолистых почв разной степени гумусированности // Почвенные процессы и регулирование питания растений. Горки: БелСХИ, 1987. С. 38–41.

10. Леса Южного Подмосквья. М.: Наука, 1985. 280 с.
11. Лисецкий Ф.Н. Оценка скорости воспроизводства почвенного ресурса // Докл. ВАСХНИЛ. 1987. № 6. С. 16–18.
12. Маслов А.А. Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ. М.: Наука, 1990. 160 с.
13. Маслов А.А. Динамический тренд в заповедных лесах центра Русской равнины и анализ причин сукцессионной динамики популяций растений. Экология популяций: структура и динамика. М.: РАН, 1995. Ч. 2. С. 643–655.
14. Пфайфер Э. Плодородие Земли, его поддержание и обновление. Калуга: Духовное познание, 1994. 304 с.
15. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипов Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
16. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом. М.: Лесная пром-сть, 1977. 160 с.
17. Тооминг Х.Г., Гуляев Б.И. Методика измерения фотосинтетически активной радиации. М.: Наука, 1967. 143 с.
18. Трифоненкова Л.И., Иванова М.И. Калийный режим дерново-подзолистей легкосуглинистой почвы в зависимости от ее гумусированности // Почвенное плодородие и регулирование питания растений. Горки: БелСХА, 1987. С. 49–54.
19. Цельникер Ю.Л. Радиационный режим под пологом леса. М.: Наука, 1969. 100 с.
20. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.
21. Шербаков А.П., Кислых Е.Е. Эффективное плодородие почв: методологические аспекты. М.: Агропромиздат, 1990. 73 с.
22. Braak C.J.F., ter, Looman W.N. Weighted averaging, logistic regression and the Gaussian response model // Vegetatio. 1986. V. 65. № 1. P. 3–11.
23. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas // Scripta geobot. 1979. H. 9. S. 1–122.
24. Gasse F., Tekaia F. Transfer functions for estimating paleoecological conditions (pH) from East African diatoms // Hydrobiologia. 1983. V. 103. № 1. P. 85–90.
25. Gremmen N.J.M., Braak C.J.F., ter. Optimum and amplitude of plants with respect to moisture with special reference to Ellenberg's moisture value // Studies in plant ecology. Hague: Junk Publ., 1985, V. 16. P. 43–44.
26. Landolt E. Okologische Zeigewerte zur Schweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH (Zurich). 1977. H. 64. S. 1–208.
27. Maarel E., van der. Relations between sociological-ecological species groups and Ellenberg indicator values // Phytocoenologia. 1993. V. 23. P. 343–362.
28. Persson S. Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams used in vegetation studies // J. Ecol. 1981. V. 69. № 1. P. 71–84.
29. Salon J., Roo-Zielinska E. Spatial differentiation of vegetation as a basis for environmental valorization // Dev. Ecol. Perspect. 20st. Cent. 5th Internat. Congr. Ecol. Jokohama. 1990. P. 457.

Центр по проблемам экологии
и продуктивности лесов РАН, Москва

Поступила в редакцию
16.05.1997 г.

L. B. ZAUGOL'NOVA, S. S. BYKHOVETS, O. G. BARINOV, M. A. BARINOVA

VERIFICATION OF SCORES OF HABITATS BY SOME ENVIRONMENTAL PARAMETERS

Ecological estimates of biotopes (using the example of vegetation at the Prioksko-Terrasnyi Reserve) were verified by comparing the Tsyganov's numerical scales with some environmental parameters. Estimates by the scales of soil moisture (*Hd*), its acidity (*Rc*) and trophic capacity (*Tr*), by the scale of illumination-shading (*Lc*) were used. The positive and significant correlation (based on the Spirman's coefficient) is determined for moisture in the upper soil horizon, the depth of ground waters and estimates by the *Hd*, as well as for pH of water soil (0–5 cm) extracts and estimates by *Rc*. The positive and significant correlation is found for estimates by the *Lc* scale and both the share of gaps in the canopy and the relative illumination. Estimates of biotopes by the *Tr* scale does not reveal the significant relation to the depth of the humus horizon. The time lag in the response of plants to variation of environmental parameters is noted.