

УДК 502; 504.54

**АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА ЛУГОВОЙ ТРАВЫ****Михайлова С.И., Мазуркин П.М.***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,  
e-mail: cveta1978\_01@mail.ru, kaf\_po@mail.ru*

Предлагаемое техническое решение относится к измерению качества различных видовых комплексов трав и травянистых растений на пробах, преимущественно на пойменных лугах, и может быть использовано в экологическом мониторинге территорий с травяным покровом. Рассмотрен коэффициент коррелятивной вариации для множества из 32 видов травяных и травянистых растений. Приведены модели относительной встречаемости и обилия видов с волновыми составляющими колебательной адаптации травяного покрова к изменениям окружающей среды. Дано эвристическое объяснение каждой составляющей статистической модели. Доказано, что поведение травяных растений вполне можно изучать по изменению ранговых распределений относительной встречаемости видов растений по убыванию ранга и обилия видов растений по каждому рангу на выделенном участке пойменного луга.

**Ключевые слова:** луговая трава, травянистые растения, закономерности, видовой состав**ANALYSIS OF COMPOSITION MEADOW GRASS****Mikhailova S.I., Mazurkin P.M.***Volga state technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: cveta1978\_01@mail.ru, kaf\_po@mail.ru*

The invention relates to the measurement of the quality of different types of complexes grasses and herbaceous plants on the samples, mainly on floodplains, and can be used in-Vano environmental monitoring areas with grass. Considered a correlation coefficient of variation for a set of 32 kinds of grass and herbaceous plants. The models of the relative occurrence and abundance of species with vibrational wave components sward adaptation to environmental changes. Given heuristic explanation of each component of the statistical model. It is proved that the behavior of herbaceous plants it is possible to study the change of rank distributions relative occurrence of plant species descending rank and abundance of species in each rank on a dedicated section of the floodplain meadows.

**Keywords:** meadow grass, herbaceous plants, patterns, species composition

Луга и поля – это динамично меняющееся, богатое сообщество разнообразных растений, которые соперничают между собой за свет, воду и питательные вещества – минеральные соли и микроэлементы. Верхний ярус образуют светолюбивые растения; двулистные здесь редки. Самый нижний ярус состоит из видов, хорошо переносящих недостаток света. Состав и вид луговых растений зависит не только от деятельности человека, но и от характера местности: качества почвы, разлива рек, уровня грунтовых вод, направления ветров, а также видов насекомых и птиц – потенциальных переносчиков семян [1, 2].

Продолжение изобретений [3–5] относится к измерению качества различных видовых комплексов трав и травянистых растений на пробах, преимущественно на пойменных лугах, и может быть использовано в экологическом мониторинге территорий с травяным покровом, а также относится к ландшафтам малых рек с луговой растительностью и может быть использовано при оценке видового разнообразия травы по наличию отдельных видов растений.

**Существующие способы.** Известен способ испытания пробы травяных растений по патенту № 2389015, включающий

отмечание контура площадки на месте взятия пробы травяных растений, после срезки травы с площадки пробу сразу же взвешивают на весах около площадки, а после первого взвешивания пробу травы размещают на естественную сушку в сухом и безветренном месте, затем после высыхания пробу травы взвешивают.

Недостатком является то, что способ предполагает неделимость пробы на отдельные элементы по видовому составу, и это не позволяет проводить анализ пробы по видовому составу травяных и травянистых растений по наличию видов.

Известен также способ испытания травяного покрова на пойме малой реки (патент № 2384048), включающий выделение на малой реке или её притоке визуально по карте или натурно участка пойменного луга с испытываемым травяным покровом, затем на этом участке по течению малой реки или ее притока в характерных местах размечают не менее трех гидрометрических створов в поперечном направлении в пределах водоохраной зоны, вдоль каждого гидрометрического створа размечают не менее трех пробных площадок с каждой стороны малой реки или ее притока, а после выявляют закономерности показателей проб травы.

Недостатком является невозможность учета наличия видов травяных и травянистых растений на пробных площадках.

**Технический результат** – повышение точности учета наличия видов травяных и травянистых растений, упрощение процесса анализа видового состава без проведения измерений, повышение функциональных возможностей сравнения проб травы по относительной встречаемости и обилию видов на разных пробных площадках, причем без срезания с них травяных проб.

Сущность технического решения заключается в том, что вместо крупной площадки размерами 2,00×2,00 м для подсчета обилия видов на всем выделенном участке пойменного луга выделяются пробные площадки всего размерами 0,50×0,50 м, но в совокупности обеспечивающие площадь не менее 4 м<sup>2</sup>. Минимальное количество пробных площадок равно 3 створа×6 площадок = 18 шт. Общая площадь в минимальном случае будет равной 18×0,50×0,50 = 4,50 м<sup>2</sup>, что больше требуемой площади на 4,00 м<sup>2</sup>.

Сущность технического решения заключается также и в том, что опыты по определению видового состава травы можно проводить без срезки проб травы и без измерений расстояний поперек, вдоль и по высоте расположения пробной площадки. Это позволяет заложить постоянные пробные площадки.

На них приходится только сосчитать количество видов травы.

Положительный эффект достигается тем, что общее количество видов в составе всех 18 проб показывает качество травяно-

го покрова на данном мозаичном участке по биоразнообразию. Выявление математической связи с видовым составом происходит по показателю относительной встречаемости видов на пробных площадках пойменного луга по сторонам малой реки. При этом участок пойменного луга принимается за цельный объект исследования.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые доказаны закономерности видового распределения. Коэффициент коррелятивной вариации позволяет сравнивать участки одной и той же реки или даже разных малых рек между собой. Относительная встречаемость видов растений и обилия в каждом ранге позволяют оценить экологическое качество территории выделенного участка на пойменном лугу.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Объект исследования – земельные участки на территории племенного завода «Азановский» Медведевского района Республики Марий Эл с растительным покровом в травяной пойме реки Манага (рис. 1).

Предмет исследования – закономерности влияния расстояния поперек и вдоль реки, а также закономерности влияния высоты от уреза воды на видовой состав травяного покрова.

Манага – левый приток Малой Кокшаги, длина реки равна 27 км, площадь водосбора – 194 км<sup>2</sup>. Участок по течению реки Манага расположен с северо-востока на юго-запад. Исследования проводились в июле 2011 года.



Рис. 1. Схема расположения пробных площадок на пойменном лугу

Таблица 1

Наличие травяных и травянистых растений на пробных площадках в 2011 году

Наименование травы	Наличие видов травы по номерам площадок 0,50×0,50 м																		Кол-во
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1. Тысячелистник обыкн.	1	1		1	1	1				1	1	1			1	1	1	1	12
2. Анис обыкновенный	1	1		1	1	1		1	1				1	1	1		1	1	12
3. Вероника дубравная	1				1	1	1	1					1	1		1		1	9
4. Герань луговая	1		1	1	1	1		1		1			1		1		1		10
5. Одуванчик луговой					1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1		11
6. Подорожник ланцетный						1												1	2
7. Щучка дернистая		1			1	1			1		1							1	6
8. Тимофеевка луговая					1	1		1	1										4
9. Земляника лесная	1			1		1	1	1						1	1				7
10. Тростник обыкновенный	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	14
11. Манжетка	1			1		1					1								4
12. Мать-и-мачеха				1										1					2
13. Ежовник петушье просо		1		1											1		1		4
14. Василек луговой	1			1		1				1				1	1				6
15. Репей				1															1
16. Вейник обыкновенный			1							1		1					1	1	5
17. Польшь		1							1		1						1		4
18. Гулявник лекарствен.		1																	1
19. Пырей ползучий		1						1	1										3
20. Незабудка мелкоцвет.		1																	1
21. Донник лекарс. желтый		1																	1
22. Гусиная лапка	1																		1
23. Лютик ползучий	1																		1
24. Белоус торчащий												1							1
25. Клоповник сорный												1							1
26. Цикорий										1					1	1			3
27. Лисохвост луговой										1									1
28. Плевел многолетний									1								1		2
29. Клевер красный							1												1
30. Костер безостый																		1	1
31. Вьюнок полевой														1	1				2
32. Зверобой продырявлен.														1					1
Численность видов	10	10	2	10	6	10	8	5	7	7	8	7	6	8	10	3	9	8	134

Нами был выбран метод пробных площадок, при изучении травы пробные площадки размерами 0,5×0,5 м и площадью в 0,25 м<sup>2</sup>. Для соблюдения постоянных условий отбор проб на пойменном лугу предположено проводить в период созревания травы.

Для количественного учета растительности, прежде всего, необходимо определить видовой состав биоценоза, выявить характер распределения растений по площади. Это дает возможность выяснить годичную изменчивость, смену видов и устойчивость видового состава луга. Размещение пробных площадей в пространстве для методов геоботанического исследования может быть типическим или случайным.

При типическом отборе определение места заложения пробной площадки выполняется после визуального изучения всей совокупности растительности. Применяют типический отбор при качественных исследованиях, что позволяет экономить время на стадии полевых исследований.

Сначала визуально была изучена с обеих сторон береговая линия малой реки Манага и травяной покров на пойменном лугу, далее натурно были намечены места расположения восемнадцати пробных площадок пойменного луга. По течению реки выбирали три створа и с каждого створа по обеим сторонам реки по три пробы.

На выбранном первом створе, на расстоянии 90 м от кромки воды, обознача-

ем первую пробную площадку размером 0,5×0,5 м. Для упрощения процесса установления пробной площадки, был изготовлен квадратный шаблон из деревянных реек. На выбранную учетную площадку накладываем шаблон с внутренним сечением в 0,25 м<sup>2</sup> и после этого проводим учет видов растений.

При анализе видового состава в хозяйственно-ботаническом отношении в пойме реки Манага было отмечено несколько групп растений.

Наличие всех 32 видов травяных и травянистых растений приведено полностью в табл. 1. Нумерация видов была произвольной.

В табл. 2 даны некоторые расчетные показатели по рангам, которые приняты по вектору предпорядка предпочтительности «лучше → хуже»: чем больше количество пробных площадок, на которых встречается данный вид растения, тем экологически лучше данный участок луга.

На 18 площадках встречается 134 заполненных клетки по наличию данного вида травы. Теоретически могут быть заполнены все  $32 \times 18 = 576$  клеток. Тогда *коэффициент коррелятивной вариации* по численности видов травы равен  $134 / (32 \times 18) = 134 / 576 = 0,2326$ .

Таблица 2

Ранговое распределение встречаемости и обилия видов растений

Наименование травы	Параметры распределения			Обилие видов	
	Ранг, R	Количество, видов N	Встречаемость, видов P	Ранг, R	Обилие, O
1. Тысячелистник обыкновен.	1	12	0,6667	1	2
2. Анис обыкновенный	1	12	0,6667		
3. Вероника дубравная	4	9	0,5000	4	1
4. Герань луговая	3	10	0,5556	3	1
5. Одуванчик луговой	2	11	0,6111	2	1
6. Подорожник ланцетный	10	2	0,1111	10	4
7. Щучка дернистая	6	6	0,3333	6	2
8. Тимофеевка луговая	8	4	0,2222	8	4
9. Земляника лесная	5	7	0,3889	5	1
10. Тростник обыкновенный	0	14	0,7778	0	1
11. Манжетка	8	4	0,2222		
12. Мать-и-мачеха	10	2	0,1111		
13. Ежовник петушье просо	8	4	0,2222		
14. Василек луговой	6	6	0,3333		
15. Репей	11	1	0,0556	11	12
16. Вейник обыкновенный	7	5	0,2778	7	1
17. Польшь	8	4	0,2222		
18. Гулявник лекарственный	11	1	0,0556		
19. Пырей ползучий	9	3	0,1667	9	2
20. Незабудка мелкоцветная	11	1	0,0556		
21. Донник лекарств. желтый	11	1	0,0556		
22. Гусиная лапка	11	1	0,0556		
23. Лютик ползучий	11	1	0,0556		
24. Белоус торчащий	11	1	0,0556		
25. Клоповник сорный	11	1	0,0556		
26. Цикорий	9	3	0,1667		
27. Лисохвост луговой	11	1	0,0556		
28. Плевел многолетний	10	2	0,1111		
29. Клевер красный	11	1	0,0556		
30. Костер безостый	11	1	0,0556		
31. Вьюнок полевой	10	2	0,1111		
32. Зверобой продырявлен.	11	1	0,0556		
Численность видов	–	134	7,4444	–	32
Встречаемость видов B	–	4,1875	0,2326	–	–

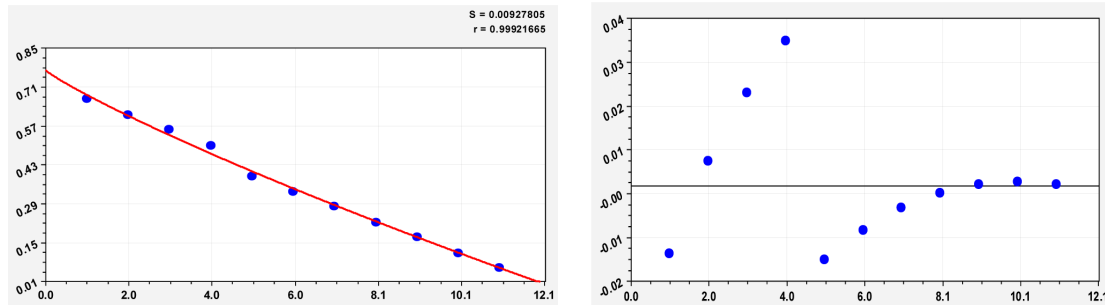


Рис. 2. График изменения по рангам относительной встречаемости видов травы и остатки после формулы (1)

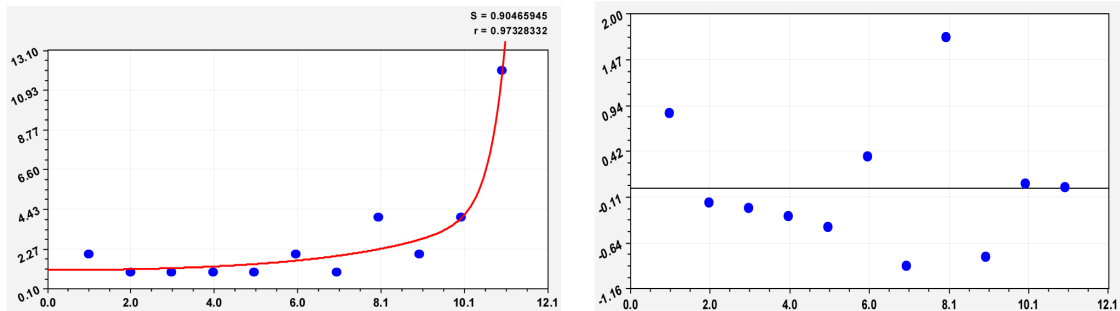


Рис. 3. График рангового распределения обилия видов растений без ограничений роста количества видов и остатки от формулы (2)

Этот показатель является универсальным и может применяться для сравнения разных участков на одной реке и даже на разных реках.

Средняя встречаемость видов равна 4,1875 пробным площадкам. А среднее арифметическое значение численности видов на одной пробной площадке равно 7,4444 видам травяных и травянистых растений. По коэффициенту корреляции в каждой клетке таблицы находится в среднем 0,2326 вида.

**Биотехнические закономерности.** После моделирования в программной среде CurveExpert-1.40 была получена (рис. 2) формула вида

$$P = 0,77083 \exp(-0,072079R^{0,82913}) - 0,036191R^{1,00222}, \quad (1)$$

где  $P$  – относительная встречаемость видов травяных и травянистых растений,  $0 \leq P \leq 1$ ,  $R$  – ранг количества видов растений,  $R = 0,1,2,\dots$ . Ранговое распределение идентифицируется с коэффициентом корреляции 0,9992.

Обилие видов показывает количество видов, встречающихся при одном и том же ранге, то есть этот показатель является одноранговым.

По данным табл. 2 обилие видов определяется (рис. 4) двухчленной формулой:

$$O = 1,13732 \exp(0,0072132R^{2,19220}) + 2,61126R^{2,92452}. \quad (2)$$

Однако из рис. 3 видно, что с дальнейшим продолжением рангов при условии  $R \geq 12$  по формуле (3) будет обилие видов только возрастать.

Коэффициент корреляции формулы (3) равен 0,9733. Однако рост по двум законам (экспоненциальному и показательному) не может продолжаться бесконечно долго с дальнейшим повышением ранга.

При условии  $R = 12$  обилие видов равно нулю, т.е.  $O = 0$ .

Поэтому с дополнительным учетом точки (12; 0) получим (рис. 4):

$$O = 0,81311 \exp(0,13802R) + 6,04774 \cdot 10^{-72} R^{111,82033} \exp(-9,94337R^{0,96681}) - 3,83523 \cdot 10^{-16} R^{15,92609}. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции этой формулы равен 0,9739, то есть чуть больше по сравнению с формулой (3).

Эвристически эта формула становится адекватной содержательному смыслу обилия видов растений. Первая составляющая по закону экспоненциального роста показывает увеличение обилия с возрастанием рангов. Это естественный процесс. Но дальнейшие составляющие связаны с антропогенным воздействием на луговой биогеоценоз. Вторая составляющая по биотехническому закону показывает стрессовое возбуждение популяции из 32 видов травы, когда мало обеспеченных условиями произрастания видов становится больше на каком-то интервале достатка (между

рангами от 10 до 12, точно при условии  $R_{opt} = 11$ ).

Третья составляющая является кризисной (отрицательный знак перед составляющей), и она очень быстро (с интенсивностью показательного роста 15,92609) тормозит дальнейший рост обилия видов травы.

По остаткам на рис. 3 и 4 видно, что существуют волновые составляющие, то есть, как было нами доказано ранее, живые растения пытаются приспособливаться к изменениям в окружающей их среде колебательных возмущений.

Это и происходит (рис. 5) по формуле вида

$$O = O_1 + O_2 + O_3 + O_4, \quad (4)$$

$$O_1 = 1,07088 \exp(0,068413R), \quad O_2 = 3,05685 \cdot 10^{-71} R^{111,82580} \exp(-10,12050R^{0,96681}),$$

$$O_3 = -3,70699 \cdot 10^{-17} R^{16,72983}, \quad O_4 = A \cos(\pi R / p - 3,03076),$$

$$A = 4,23281 \cdot 10^{-43} R^{115,29289} \exp(-17,49955R^{1,00093}), \quad p = 0,42358 + 0,035139R^{0,99920},$$

где  $A$  – амплитуда (половина) колебания,  $p$  – полупериод колебательной адаптации растительного покрова к окружающей среде.

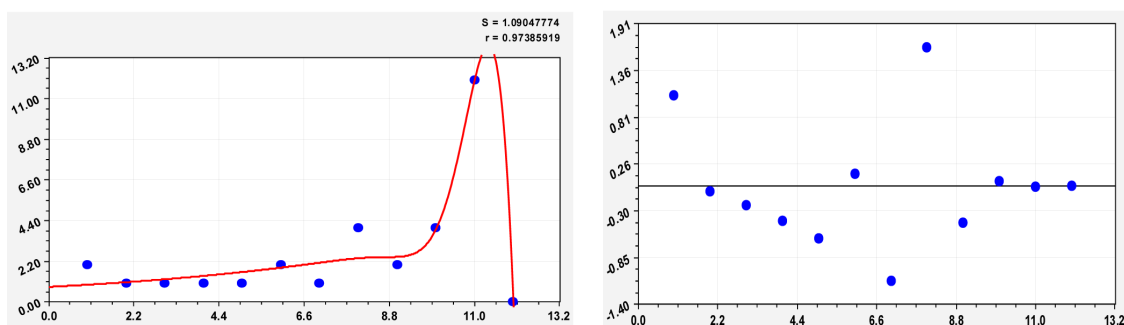


Рис. 4. График рангового распределения обилия видов растений при ограничении роста обилия видов и остатки после уравнения (3)

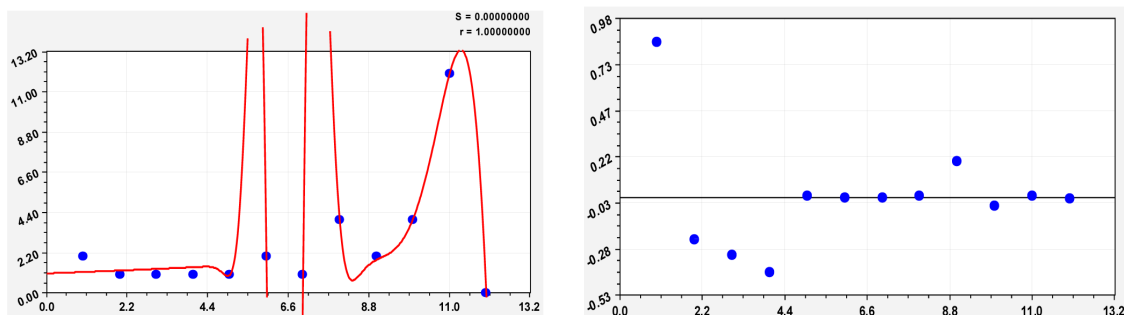


Рис. 5. Общий график и остатки после формулы (3), при ограничении роста количества видов, и дополнительной волновой составляющей колебательной адаптации травы

Здесь положительный знак перед волновой функцией показывает, что происходит позитивная для травяной растительности колебательная адаптация. При этом полупериод возрастает по закону показательного роста, и частота колебания снижается. Это указывает на благоприятные условия для травяного покрова. Но сами колебания, как видно из рис. 5, происходят в интервале  $5 \leq R \leq 9$ . Адекватность формулы (3) равна по коэффициенту корреляции 1,0000.

### Заключение

Поведение травяных растений вполне можно изучать по изменению ранговых распределений относительной встречаемости видов растений по убыванию ранга и обилия видов растений по каждому рангу на выделенном участке пойменного луга. При этом не требуется выполнять геодезических измерений и тем более не нужно срезать траву с пробных площадок. Причем видовой состав вполне можно изучать на множестве пробных площадок размерами  $0,50 \times 0,50$  м.

Предлагаемое изобретение упрощается по исполнению и дает возможность ежегодного экологического мониторинга разных участков пойменного луга.

### Список литературы

1. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Анализ видового состава луговой травы. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 151 с.
2. Михайлова С.И., Мазуркин П.М. Ландшафтно-экологическая роль пойменного луга малых рек. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 154 с.
3. Пат. 2540353, Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). Способ анализа урожайности луговой травы от высоты пробной площадки над урезом малой реки / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136793/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 10.02.2015. Бюл. № 4.
4. Пат. 2547763, Российская Федерация, МПК А 01 G 7 / 00, А 01 G 23 / 00, G 01 C 5 / 00 (2006.01). Способ анализа видового состава луговой травы от высоты пробной площадки над урезом малой реки / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136761/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 10.04.2015. Бюл. № 10.
5. Пат. 2556981, Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). Способ распределения видов луговой травы по массе свежесрезанной пробы / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Ямбаева О.С.; заявитель и патентообл. Поволжский гос. технолог. ун-т. № 2013136726/13; заявл. 06.08.2013; опубл. 20.07.2015. Бюл. № 20.