

УДК 63)\* 0.18

## ИСПЫТАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Мазуркин П.М., Михайлова С.И.

*Марийский государственный технический университет  
Йошкар-Ола, Россия*

**Известные способы предполагают проведение испытаний травяно-кустарничкового покрова на содержание химических элементов на пробных площадках. Недостатком является раздельная обработка результатов испытаний, что лишает возможности совместного изучения травы и древесных растений. В статье показаны возможности повышения точности изучения комплекса «трава + древесное растение», а также сопоставимости содержания химических элементов по высоте растений.**

**Ключевые слова:** трава, деревья, химические элементы, закономерности концентрации

Известные способы [3, с. 10-16; с. 16-18] предполагают проведение испытаний травяно-кустарничкового покрова на содержание химических элементов для изучения биологического круговорота химических элементов в лесных и иных ландшафтах на пробных площадках, на которых или вне них закладывают по 10 учетных площадок 1 м<sup>2</sup> каждая.

Достоинством этих способов является увеличение комплексности испытаний, так как пробы травы берутся вместе с пробами кустарничков. Недостатком является раздельная обработка результатов испытаний, что лишает возможности их совместного изучения. Цель - повышение комплексности изучения элементов растительного комплекса типа «трава + древесное растение», а также повышение точности

сопоставления содержания химических элементов по высоте растений.

По предлагаемому способу результаты озоления и химического анализа образцов и проб от травы и древесных растений учитывают по ходу движения минеральных веществ от почвы к листве. Для статистического сопоставления эти результаты распределяют по ранговой шкале: 0 – почва; 1 – корни травы; 2 – мелкие корни древесных растений; 3 – крупные корни древесных растений; 4 – стволы древесных растений; 5 – крупные ветви древесных растений; 6 – мелкие ветви древесных растений; 7 – листва (хвоя) древесных растений; 8 – надземная часть травы.

Статистические данные содержания химических веществ и их групп в частях травы и дерева идентифицируют формулой закономерности:

$$C = C_1 + C_2, \quad C_1 = C_0 \exp(-a_1 r^{a_2}), \quad C_2 = a_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6}), \quad (1)$$

где  $C$  - содержание химического вещества или группы веществ в органах травы или частях древесного растения, % на сухое вещество;  $C_1$  - закон гибели, частный случай биотехнического закона [1, 2], показывающий влияние почвы и корневой системы на содержание химических элементов или их групп в частях растений, % на сухое

вещество;  $C_2$  - биотехнический закон [1, 2], показывающий влияние кроны растений (травы, кустарничков, кустарников, деревьев) и процессов образования в них ассимилятов на содержание химических элементов или их групп в структурных частях растений, % на сухое вещество;  $C_0$  - содержание веществ или их групп в почве, %

на сухое вещество;  $r$  - ранг структурной части или биологического органа растения,  $r = 0, 1, 2, \dots$ , причем  $r = 0$  для почвы, как основы для питания растений;  $a_1$  - активность спада концентрации элемента или группы при подъеме минеральных веществ от почвы к листу (влияние корней);  $a_2$  - интенсивность спада концентрации вещества или группы химических элементов с движением минеральных веществ от почвы к листу;  $a_3$  - активность концентрации веществ от влияния листовой (фотосинтеза), при подъеме минеральных веществ от почвы через корни к листу;  $a_4$  - интенсивность роста концентрации от влияния листовой, при движении минеральных веществ с водой от почвы к листу;  $a_5$  - активность спада (гибели) концентрации от влияния листовой, при движении минеральных ве-

ществ с водой от почвы к листу;  $a_6$  - интенсивность спада концентрации от влияния листовой, при движении минеральных веществ с водой от почвы к листу.

Исходные данные для статистического моделирования содержания химических элементов и их групп в различных растительных комплексах были взяты из книги [3, с.102-114 (табл. 8, табл. 13, табл. 18)]. Причем в примерах принята вся группа химических элементов, включая азот.

**1. Верховое осоково-сфагновое болото.** Этот сложный растительный комплекс состоит из двух подкомплексов: а) осока + кустарнички; б) осока + сосна. В обоих случаях роль почвы выполняет торф слоем толщиной 10-30 см. Здесь содержание химических элементов при нулевом ранге вполне определенное (в других случаях почва в [3] не учитывалась).

Для первой системы растений была получена статистическая модель (табл. 1) в виде уравнения из двух составляющих:

$$C = 5,06974 \exp(-0,82829r^{0,62573}) + 8,6749 \cdot 10^{-9} r^{15,2375} \exp(-1,48125r) \quad (1)$$

**Таблица 1.**

Содержание суммы химических элементов в растениях (трава + кустарнички) и торфе верхового осоково-сфагнового болота (% на сухое вещество)

Наименование части растений	Ранг $r$	Факт $\hat{C}$	Расчетные значения (1)			Составляющие (1)	
			$C$	$\varepsilon = \hat{C} - C$	$\Delta = 100\varepsilon / C$	$C_1$	$C_2$
надземная часть травы	8	3.81	3.81	-0.020	-0.52	0.24	<b>3.57</b>
листва (хвоя)	7	2.37	2.36	0.009	0.38	0.31	2.05
мелкие ветви	6	1.25	1.22	-0.011	<b>-0.88</b>	0.40	0.86
крупные ветви	5	-	0.77	-	-	0.53	0.24
стволы	4	-	0.74	-	-	0.71	0.03
крупные корни	3	-	0.98	-	-	0.98	0.00
мелкие корни	2	1.42	1.41	0.008	0.56	1.41	0.00
корни травы	1	2.21	2.21	-0.004	-0.18	2.21	0.00
торф (почва)	0	5.07	5.07	0.000	0.01	<b>5.07</b>	0.00

*Примечания:* 1) максимальное значение относительной погрешности подчеркнуто, поэтому доверие к модели (1) не ниже  $100 - 0.88 = 99,12\%$ ; 2) максимальные значения составляющих набраны полужирным шрифтом.

В комплексе «трава + кустарнички» отсутствуют части в виде крупных ветвей, стволов и крупных корней. Для него получена модель (табл. 2)

$$C = 5,06120 \exp(-0,77534r^{0,71089}) + 7,94557 \cdot 10^{-9} r^{15,4940} \exp(-1,53380r) \quad (2)$$

Таблица 2.

Содержание суммы химических элементов в растениях (трава + сосна) и торфе верхового осоково-сфагнового болота (% на сухое вещество)

Наименование части растений	Ранг $r$	Факт $\hat{C}$	Расчетные значения (2)			Составляющие (2)	
			$C$	$\varepsilon = \hat{C} - C$	$\Delta = 100\varepsilon / C$	$C_1$	$C_2$
надземная часть травы	8	3.81	3.83	-0.020	-0.52	0.17	<b>3.66</b>
листва (хвоя)	7	2.44	2.37	0.066	2.70	0.23	2.14
мелкие ветви	6	1.16	1.23	-0.069	-5.95	0.32	0.91
крупные ветви	5	-	-	-	-	0.44	0.25
стволы	4	0.53	0.67	-0.141	<u>-26.60</u>	0.63	0.04
крупные корни	3	-	-	-	-	0.93	0.00
мелкие корни	2	1.66	1.42	0.237	14.28	1.42	0.00
корни травы	1	2.21	2.33	-0.121	-5.48	2.33	0.00
торф (почва)	0	5.07	5.06	0.009	0.18	<b>5.06</b>	0.00

Примечание: Прочерк означает отсутствие измеренных данных.

**2. Ельник сложный 83 года.** Выделяется комплекс «трава + ель». Для него была получена формула (табл. 3) вида

$$C = 3,27712 \exp(-0,27042r^{1,95791}) + 1,80570r^{-1,24095} \exp(+0,023231r^{2,51727}) \quad (3)$$

Вторая составляющая изменяется аномально, когда первая компонента становится законом гибели (закон Ципфа в показательной форме), а вторая компонента превращается в закон экспоненциального роста.

Таблица 3.

Содержание суммы химических элементов в растениях (трава + ель) в сложном ельнике (% на сухое вещество)

Наименование части растений	Ранг $r$	Факт $\hat{C}$	Расчетные значения (3)			Составляющие (3)	
			$C$	$\varepsilon = \hat{C} - C$	$\Delta = 100\varepsilon / C$	$C_1$	$C_2$
надземная часть травы	8	10.73	10.69	0.038	0.35	0.00	<b>10.69</b>
листва (хвоя)	7	3.35	3.64	-0.286	-8.54	0.00	3.64
мелкие ветви	6	2.02	1.62	0.403	19.95	0.00	1.62
крупные ветви	5	1.10	0.94	0.163	14.82	0.01	0.93
стволы	4	0.48	0.75	-0.267	<u>-55.63</u>	0.06	0.69
крупные корни	3	1.08	0.99	0.091	8.43	0.32	0.67
мелкие корни	2	2.00	2.02	-0.019	-0.95	1.15	0.87
корни травы	1	4.35	4.35	0.001	0.02	2.50	1.85
торф (почва)	0	-	-	-	-	<b>3.28</b>	-

Как видно из табл. 3, модель (3) позволяет вычислить предполагаемую концентрацию веществ в почве (3,28%). А ствол ели был испытан в [3] по всему поперечному сечению, поэтому расчетное значение суммы химических элементов в водопроводящем слое древесины почти в два раза больше фактической концентрации во всей древесине ствола.

**3. Березняк травный.** Была получена статистическая закономерность (табл. 4) для растительного комплекса «травы + береза» в виде уравнения

$$C = 4,01054 \exp(-0,043189r^{2,84739}) + 1,3405 \cdot 10^{-8} r^{19,4193} \exp(-2,56129r) \quad (4)$$

**Таблица 4.**

Содержание суммы химических элементов в растениях (травы + береза) в березняке травном (% на сухое вещество)

Наименование части растений	Ранг $r$	Факт $\hat{C}$	Расчетные значения (4)			Составляющие (4)	
			$C$	$\varepsilon = \hat{C} - C$	$\Delta = 100\varepsilon / C$	$C_1$	$C_2$
надземная часть травы	8	5.90	5.83	0.068	1.15	0.00	<b>5.83</b>
листва (хвоя)	7	5.54	5.65	-0.109	-1.97	0.00	5.65
мелкие ветви	6	-	-	-	-	0.00	3.67
крупные ветви	5	1.61	1.44	0.174	10.81	0.06	1.38
стволы	4	0.58	0.66	-0.082	<u>-14.14</u>	0.43	0.23
крупные корни	3	1.52	1.51	0.013	0.86	1.50	0.01
мелкие корни	2	2.96	2.94	0.021	0.71	2.94	0.00
корни травы	1	3.83	3.84	-0.011	-0.29	3.84	0.00
торф (почва)	0	-	4.01	-	-	<b>4.01</b>	0.00

Во всех примерах максимальное отклонение приходится на ствол деревьев, что указывает на то, что сухое вещество принимается по всему поперечному сечению ствола, крупных ветвей и крупных корней.

Комплексность испытания структуры растущих деревьев, при дополнительном учете листвы и корней травы, позволяет изучить экологический режим и экологическое состояние лесного и болотного ландшафта. При этом испытатель заранее будет знать искомую закономерность, поэтому будет прогнозировать результаты испытаний, что позволит увеличивать число структурных элементов, учитываемых при измерениях содержания химических элементов в отдельности или же в их группах.

Одновременно повысится точность определения содержания химических элементов в органах деревьев, а части травы как бы охватывают части деревьев, кустарников и кустарничков. Можно даже представить, что трава имеет условный стебель в виде древесных растений – столь закономерно проявляется распределение концен-

трации веществ от корней травы через части дерева к листьям травы.

Переход на химический анализ отдельного дерева совместно с травой вокруг него позволит выявлять закономерности изменения содержания химических элементов не только в конкретном биологическом организме, но и в пространстве его произрастания.

*Статья опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ*

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Мазуркин, П.М. Статистическая экология / П.М. Мазуркин: Учебное пособие. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 308 с.
2. Мазуркин, П.М. Рациональное природопользование: учебное пособие с грифом УМО в области природообустройства и водопользования. В 3-х ч. Ч. 3: Экологически ответственное лесопользование / П.М. Мазуркин, С.Е. Анисимов, С.И. Михайлова; под ред. П.М. Мазуркина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 359 с.
3. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.Н. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. - Л.: Наука, 1968. – 145 с.

**TEST OF A VEGETATIVE COVER ON THE MAINTENANCE OF  
CHEMICAL ELEMENTS**

Mazurkin P.M., Mikhailova S.I.

*Mari state technical university, Yoshkar-Ola, Russia*

Known ways assume realization of tests a grass - bush of a cover on the contents of chemical elements on trial platforms. Lack is separate processing of results of tests that deprives with an opportunity of joint studying of a grass and wood plants. In article opportunities of increase of accuracy of studying of a complex "a grass + a wood plant" are shown, and also to comparability of the contents of chemical elements on height of plants.

Keywords: grass, trees, chemical elements, laws of concentration