

Г.Н. Бузук

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ И УРОЖАЙНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФОТО ТОЧЕК (PHOTO POINT METHOD)

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

*С использованием компьютерного моделирования и методики определения проективного покрытия растений с помощью линий точек определены число линий и точек на линии, позволяющие получить точность учета обилия видов растений в пределах  $\pm 5-10\%$ , а также предложена схема определения урожайности лекарственного растительного сырья (ЛРС) в полевых условиях методом фото точек.*

*Ключевые слова: проективное покрытие, урожайность, лекарственные растения, метод фото точек.*

### ВВЕДЕНИЕ

Проективное покрытие – показатель, определяющий относительную площадь проекции отдельных видов или их групп, ярусов и т.д. фитоценоза на поверхность почвы. Проективное покрытие является одним из основных показателей обилия растений в фитоценозе, в том числе и лекарственных.

Проективное покрытие может определяться в количественных или в балльных величинах. Для определения количественных характеристик проективного покрытия применяют ряд методов [1-4].

1. *Глазомерное определение* (определение на глаз). Проективное покрытие можно определять по визуальной шкале с 10 градациями: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100%. Глядя на травостой сверху, оценивают, какой процент будут занимать проекции растений, если бы они плотно прилегали друг к другу. Глаз человека

может определить степень проективного покрытия с точностью до 10%. Метод наименее точен и доступен только опытным, натренированным исследователям.

2. *Сеточка Раменского*. Для более точного (не глазомерного) определения проективного покрытия применяется так называемая сеточка Раменского, представляющая собой небольшую пластинку, в которой вырезано прямоугольное отверстие размером 2x5 или 3x7,5 см.

Отверстие делят белой ниткой или тонкой проволокой на 10 квадратных клеток (ячеек) по 1 или 1,5 см<sup>2</sup> каждая. Рассматривая травостой через такое сетчатое отверстие, определяют, сколько ячеек (т.е. десятых долей отверстия) приходится на проекцию растительности и сколько на неприкрытую, сквозящую через травостой поверхность почвы. Проекции или пустые промежутки при этом мысленно собираются к одному концу сеточки. Метод, как и предыдущий, досту-

пен опытным исследователям при достаточной натренированности.

3. *Квадрат-сетка.* Квадрат-сетка (метровка) представляет собой рамку площадью 1 м<sup>2</sup>, разделенную проволокой или шнуром на 100 квадратов (ячеек) по 1 дм<sup>2</sup>. Каждая ячейка составляет 1% от 100% всей метровки. С помощью серии закладки квадрата-сетки (15–25 метровок) в пределах пробной площади с находящейся в ней ресурсно-значимой популяцией лекарственного растения находят долю участия вида в фитоценозе. В каждой метровке определяют, сколько квадратов по 1 дм<sup>2</sup> полностью или более чем наполовину закрыто надземными частями изучаемого вида. Суммарное количество дециметров и будет проективным покрытием вида в пределах квадрата. Метод применения квадрата-сетки дает удовлетворительные результаты даже при относительно небольшом опыте ресурсоведческой работы, однако пригоден для низкорослых травянистых растений, стелющихся форм (брусника, толокнянка, чабрец). Определение этим методом проективного покрытия ландыша уже проблематично.

В последнее время, с развитием цифровых технологий, предпринимаются попытки «объективизации» оценки проективного покрытия с использованием цифровой фотографии. В полевых условиях получают цветной снимок травостоя сверху. Затем в лабораторных условиях с помощью различных преобразований и фильтрации изображения выделяют области (пиксели) растительного покрова и фона, что, однако, не всегда возможно в силу малой контрастности растительности и фона. Использование ручного выделения контуров растительности на снимках весьма трудоемко [5-7].

Целью настоящей работы является оценка возможности определения проективного покрытия по цифровым изображениям растительного покрова с использованием линий точек (photo point method).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проверки возможностей и точности учета проективного покрытия использовали компьютерное моделирование в программе Imagej и Matlab.

В среде Imagej (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>) были созданы черно-белые рисунки вариантов проективного покрытия в диапазо-

не 7,3–89,7% с размером матрицы 400x400 пикселей путем генерации точек размером в 25 пикселей, расположенных случайным образом на матрице изображения. Общая выборка – 30 матриц. Все полученные изображения затем были преобразованы в цифровые и импортированы в Matlab (<http://www.mathworks.com/matlabcentral>). В среде Matlab с помощью специальной, разработанной нами программы, на матрицу изображения с различными уровнями проективного покрытия неdestructively накладывали сеть из различного количества линий точек (1–10) с различным количеством (1–50) точек на линии.

В каждой точке сети определяли цвет пикселя черно-белого изображения: «белый» – фон (почва) и «черный, или растительный» – надземные части растений.

Проективное покрытие (ПП) рассчитывали по формуле (1) [8-10]:

$$\text{ПП} = \frac{n}{N} \times 100, \quad (1)$$

где ПП – проективное покрытие, в %; n – число точек с «растительными пикселями (черными)»;

N – общее число точек на матрице изображения, равное произведению числа линий на число точек в линии.

Ошибку определения (RMSE) рассчитывали по формуле (2) [11]:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \text{yhat}_i)^2}{N}}, \quad (2)$$

где RMSE – средняя квадратичная ошибка определения;

$y_i$  – фактическое проективное покрытие, в %;

$\text{yhat}_i$  – найденное проективное покрытие, в %;

N – число матриц изображения (30).

В полевых условиях в сосняке брусничном делали фото травостоя брусники с высоты 0,4–0,5 м с помощью цифрового фотоаппарата (размер изображения 2800x2000 пикселей, около 2,8 Мб). Одновременно в том же месте с площадки размером 25x20 см срезали все побеги брусники (рисунок 1) и взвешивали с точностью до 0,01 г.

В условиях лаборатории на каждый снимок растительного покрова в сосняке брусничном плагином Grid программы ImageJ накладывали сетку (в пределах рамки) из точек (отмечены крестиками) (пример, рису-

нок 2). Затем с помощью плагина Cell Counter программы ImageJ подсчитывали число меток (крестиков), локализованных на поверхности растений брусники. Проективное покрытие рассчитывали по формуле (1).



Рисунок 1 – Участок срезки побегов брусники (выделен рамкой) на цифровом изображении растительного покрова

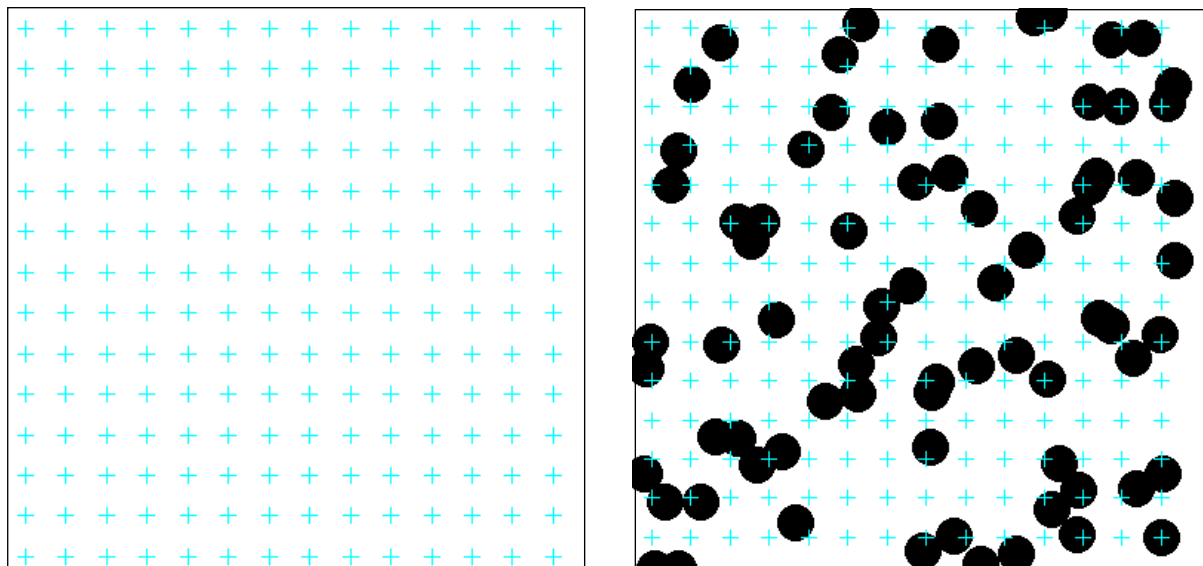


Рисунок 2 – Пример non-destructive overlay сети точек (помечены знаком «+») на изображение

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные о точности определения проективного покрытия в зависимости от числа линий и точек

на линии представлены в таблице 1. Из представленных данных видно, что точность определения резко увеличивается (значение *RMSE*, соответственно, снижается) при увеличении числа линий

Таблица 1 – *RMSE* при различном количестве линий и точек на линии

		Число линий точек									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число точек на линии	1	40,9	38,9	33,8	31,4	27,9	26,4	23,1	23,0	22,4	23,3
	2	38,6	36,6	31,9	29,1	26,0	24,3	21,1	20,8	20,3	21,2
	3	34,2	32,1	28,4	25,3	22,8	20,9	18,0	17,3	16,9	17,6
	4	31,2	29,0	25,2	21,7	19,3	17,2	14,7	13,8	13,5	14,0
	5	27,7	25,6	22,2	18,8	16,4	14,5	12,3	11,6	11,1	11,3
	6	26,1	24,1	20,8	17,3	14,8	12,9	10,8	10,1	9,7	10,0
	7	24,6	22,5	19,3	15,8	13,5	11,6	9,6	9,0	8,6	8,9
	8	25,0	22,8	19,5	15,7	13,3	11,3	9,4	8,6	8,1	8,3
	9	24,5	22,2	18,8	14,9	12,4	10,5	8,8	8,0	7,5	7,5
	10	23,8	21,6	18,0	14,1	11,8	9,9	8,3	7,4	6,8	6,7
	11	22,9	20,6	17,1	13,3	11,1	9,3	7,7	6,8	6,2	6,1
	12	22,3	20,1	16,6	13,0	10,7	8,9	7,2	6,5	5,8	5,8
	13	21,7	19,5	16,3	12,7	10,3	8,5	6,9	6,3	5,5	5,4
	14	21,4	19,3	16,0	12,5	10,0	8,3	6,5	6,1	5,4	5,4
	15	21,0	18,8	15,5	11,9	9,6	7,9	6,2	5,7	5,0	5,0
	16	21,2	19,1	15,9	12,2	9,9	8,0	6,4	5,7	5,1	5,2
	17	20,9	18,8	15,6	12,0	9,7	7,9	6,3	5,6	5,0	4,9
	18	20,8	18,8	15,7	12,1	9,7	7,9	6,3	5,6	5,0	4,9
	19	21,0	18,8	15,4	11,7	9,5	7,8	6,1	5,5	4,8	4,7
	20	20,9	18,6	15,2	11,6	9,4	7,6	6,0	5,4	4,7	4,6
	21	20,3	18,0	14,8	11,3	9,2	7,5	5,9	5,3	4,6	4,5
	22	20,1	18,0	14,9	11,3	9,2	7,5	5,9	5,1	4,5	4,4
	23	20,0	17,9	14,8	11,1	9,0	7,2	5,7	4,9	4,3	4,2
	24	20,2	18,1	14,8	11,1	8,8	7,2	5,6	4,8	4,1	4,0
	25	19,7	17,7	14,5	10,9	8,7	7,0	5,4	4,8	4,2	4,1
	26	19,7	17,6	14,5	10,9	8,6	6,9	5,3	4,8	4,2	4,1
	27	19,7	17,6	14,4	10,9	8,6	6,9	5,3	4,7	4,1	4,0
	28	20,0	17,7	14,4	10,7	8,4	6,7	5,1	4,6	3,9	3,8
	29	20,2	17,9	14,5	10,7	8,4	6,7	5,2	4,6	3,9	3,9
	30	20,2	18,0	14,5	10,7	8,4	6,7	5,2	4,6	3,9	3,8
	31	20,1	17,9	14,4	10,7	8,4	6,7	5,1	4,5	3,9	3,8
	32	19,9	17,8	14,4	10,8	8,4	6,7	5,1	4,5	3,9	3,8
	33	19,7	17,6	14,3	10,8	8,4	6,7	5,1	4,5	3,8	3,7
	34	19,6	17,5	14,3	10,7	8,4	6,7	5,1	4,5	3,8	3,7
	35	19,5	17,4	14,2	10,6	8,3	6,6	5,1	4,4	3,7	3,6
	36	19,5	17,4	14,2	10,6	8,4	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	37	19,6	17,5	14,2	10,6	8,3	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	38	19,9	17,7	14,3	10,6	8,4	6,7	5,2	4,5	3,8	3,6
	39	19,9	17,7	14,2	10,5	8,3	6,7	5,2	4,4	3,7	3,5
	40	19,8	17,6	14,2	10,6	8,4	6,8	5,2	4,5	3,8	3,6
	41	19,8	17,6	14,3	10,6	8,4	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	42	19,9	17,7	14,4	10,7	8,4	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	43	20,1	17,8	14,4	10,6	8,3	6,6	5,0	4,3	3,6	3,4
	44	20,1	17,9	14,5	10,7	8,4	6,7	5,1	4,4	3,6	3,4
	45	20,1	17,9	14,5	10,7	8,4	6,7	5,1	4,4	3,6	3,5
	46	20,1	17,9	14,5	10,7	8,4	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	47	20,0	17,9	14,4	10,7	8,4	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	48	20,0	17,8	14,3	10,7	8,3	6,7	5,1	4,4	3,7	3,6
	49	19,9	17,8	14,3	10,7	8,3	6,7	5,1	4,4	3,7	3,5
	50	19,9	17,7	14,2	10,6	8,3	6,7	5,0	4,4	3,6	3,5

точек до 5 (точность определения лежит в пределах  $\pm 10\%$ ) или до 8 (точность определения лежит в пределах  $\pm 5\%$ ) при наличии 20–25 точек на линии. Увеличение числа точек на линии свыше 25 существенного влияния на повышение точности определения проективного покрытия не оказывает.

Полученные данные о зависимости урожайности (плотности запаса сырья) побегов брусники от проективного покрытия представлены на рисунке 3. Как можно видеть из рисунка 3, эта зависимость хоро-

шо аппроксимируется экспоненциальной функцией вида:

$$Y = a \cdot e^{bx}, \quad (3)$$

где  $Y$  – масса сырья с единицы площади (урожайность), г/дм<sup>2</sup>;

$a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения;

$x$  – проективное покрытие, %.

Значение коэффициента детерминации ( $R^2 = 0,96$ ) свидетельствует о достаточно тесной связи проективного покрытия с урожайностью побегов брусники.

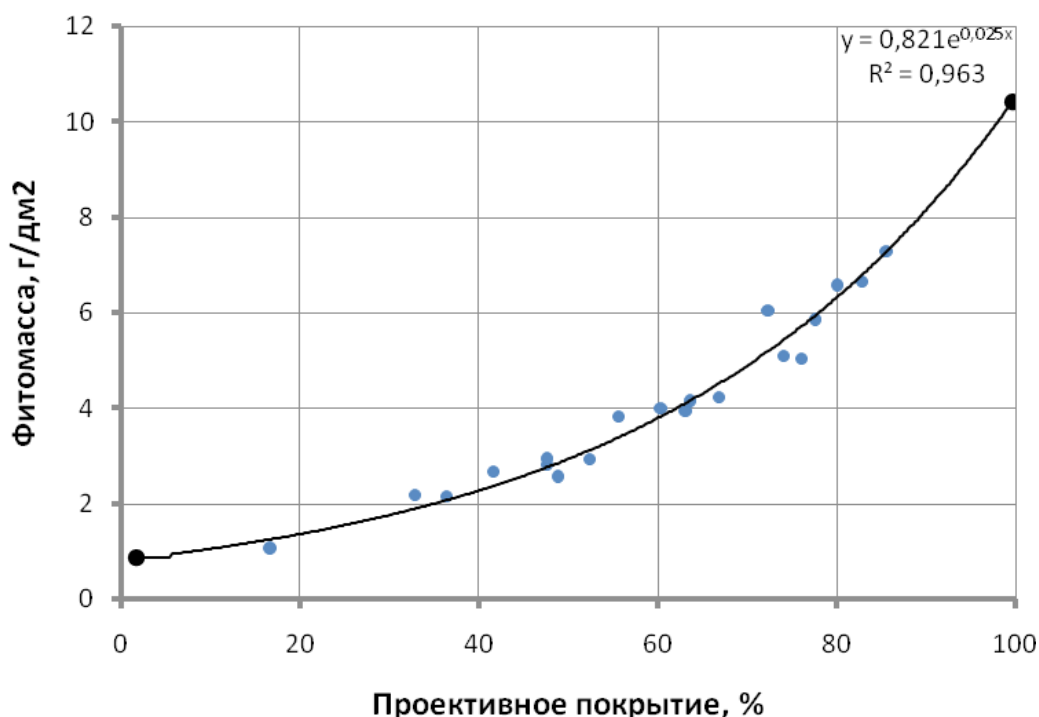


Рисунок 3 – Зависимость урожайности побегов брусники от проективного покрытия (экспоненциальная функция)

Аппроксимация зависимости урожайности побегов брусники от проективного покрытия полулогарифмической функцией (рисунок 4, уравнение 4) дает линейную связь (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,96$ ), что удобно для экстраполяции.

$$Y = a + b \cdot x, \quad (4)$$

где  $Y$  – ln массы сырья с единицы площади (урожайность), г/дм<sup>2</sup>;

$a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения;

$x$  – проективное покрытие, %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что методом фото точек можно с минимальными затратами

времени в поле определять урожайность лекарственного растительного сырья и, соответственно, рассчитывать его биологический запас.

Необходимым условием является экспериментальное определение коэффициентов  $a$  и  $b$  в уравнении 3 или 4 в пределах всего диапазона проективного покрытия исследуемых видов лекарственных растений, исследование вариативности коэффициентов  $a$  и  $b$  для различных видов лекарственных растений и их местообитаний (в том числе, типов леса), а также установление характера связи проективного покрытия с массой подземных органов.

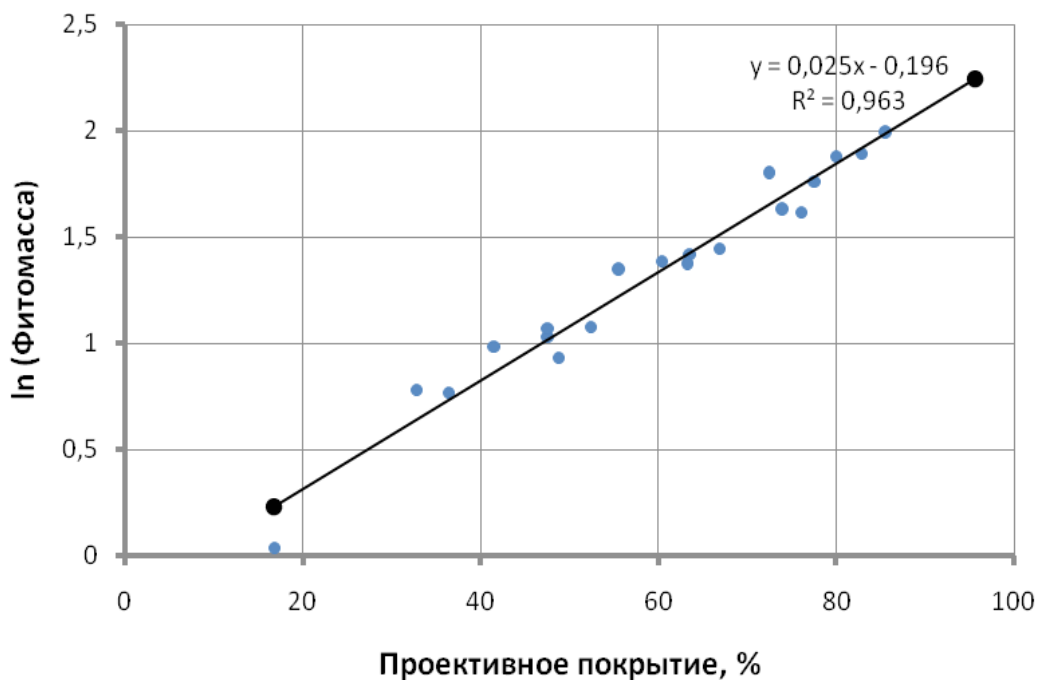


Рисунок 4 – Зависимость урожайности побегов брусники от проективного покрытия (полулогарифмическая функция)

Достоинством способа является то, что он является недеструктивным, позволяет неоднократно снимать значения проективного покрытия в одной и той же точке, хорошо документируется, даже с некоторой избыточностью информации в цифровых изображениях, и не требует специальной тренировки.

В заключение следует отметить, что полученные нами результаты не подтверждают более ранние сведения, в частности, о линейной зависимости между проективным покрытием и урожайностью побегов брусники [12], однако полностью согласуются с результатами новейших работ о

продуктивности травяно-кустарничкового яруса в зависимости от полноты и возраста древостоя [13].

Одним из путей повышения точности оценки проективного покрытия с помощью фото точек, особенно на этапе определения коэффициентов уравнения (3) на основе экспериментальных данных (своеобразной калибровки), является обоснование и принятие правил учета объектов (особей, побегов, листьев), локализованных на границе рамки, например, как это имеет место в стереологии (рисунок 5) [14]. Такого рода исследования – в перспективе.

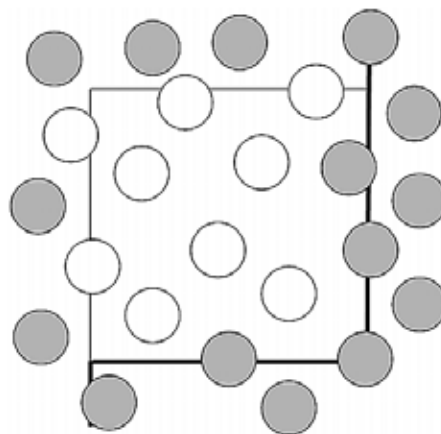
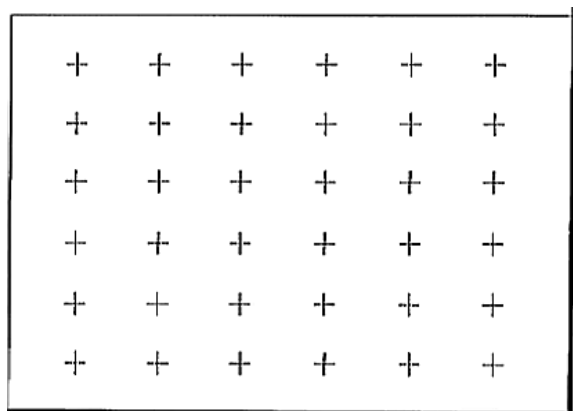


Рисунок 5 – Счетная рамка для подсчета объектов в стереологии (учитываются только не залитые серым цветом объекты внутри и на границе рамки слева и сверху)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложен новый способ определения проективного покрытия растений по изображениям растительного покрова, основанный на использовании сети из линий точек и позволяющий получить точность учета обилия видов растений в пределах 5-10%.

**SUMMARY**

G.N. Buzuk

**DETERMINATION OF THE PROJECTIVE COVER AND PRODUCTIVITY WHEN USING PHOTO POINTS (PHOTO POINT METHOD)**

With the use of computer modeling and methods of the determination of projective covering of the plants by means of lines of points the number of lines and points on lines are determined, allowing to get accuracy of the account of the abundance of plants' types within 5-10%, also the scheme of the determination of productivity of medicinal plants in field conditions by photo point method is offered.

Keywords: projective cover plants, productivity, medicinal plants, photo point method.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ярошенко, П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. – М.: Просвещение, 1969. – 200 с.
2. Буданцев, А.Л. Ресурсоведение лекарственных растений: Метод. пособие к произв. практике для студентов фармацевт. факульт. / А.Л.Буданцев, Н.П. Харитоновна // М-во здравоохранения Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. хим.-фармацевт. акад., СПб, 1999. – 56 с.
3. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева [и др.]. – СПб. НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
4. Ипатов, В.С. О корреляции между проективным покрытием и весом травянистых растений / В. С.Ипатов // Ботанический журнал. – 1962. – Т. 47. – № 7. – С. 991–992.
5. Балалаев, А.К. Предварительные результаты применения метода цифровой обработки изображения для определения проективного покрытия растительности как основного индикатора состояния экосистем / А.К. Балалаев, О.А. Скрипник // Экология и природопользование. – 2011. –

Вып. 14. – С. 114-123.

6. Digital Photograph Analysis for Measuring Percent Plant Cover in the Arctic / Z. Chen [et al.] // Arctic. – 2010. – Vol. 63. – N 3. – P. 315-326.

7. Image analysis compared with other methods for measuring ground cover / D.T. Booth [et al.] // Arid Land Research and Management. – 2005. – Vol. 19. – P. 91-100.

8. Sampling Vegetation Attributes. Inter-agency Technical Reference Bureau of Land Management National Business Center. – Denver, Colorado, 1999. – 164 p.

9. Monitoring Manual for Grassland, Shrubland and Savanna Ecosystems. Vol. 1-2. / J.E. Herrick [et al.] / USDA – ARS Jornada Experimental Range Las Cruces, New Mexico. – 2005. – 237 p.

10. Mitchel, W.A. Point sampling: Section 6.2.1., U.S. Army Corps of Engineers Wildlife Resources Management Manual / W.A. Mitchell, G. Hughes // Technical Report EL-95-25, US. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. – 1995. – 38 p.

11. Kramer, R. Chemometric techniques for quantitative analysis / R. Kramer // Marcel Dekker, Inc.: New York, Basel. – 1998. – 110 p.

12. Методика определения запасов лекарственных растений. – М. – 1986. – 46 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// docs.cntd.ru/document/9032337](http://docs.cntd.ru/document/9032337). – Дата доступа: 31.08.2013.

13. Иванова, Н.С. Моделирование продуктивности травяно-кустарничкового яруса в коротко-производных березняках западных низкогорий Южного Урала / Н.С. Иванова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 4. – С. 96-98.

14. Mandarim-de-lacerda, C.A. Stereological tools in biomedical research / C.A. Mandarim-de-lacerda // Anais da Academia Brasileira de Ciências (Annals of the Brazilian Academy of Sciences). – 2003. – Vol. 75. – N 4. – P.469-486.

**Адрес для корреспонденции:**

210023, Республика Беларусь,  
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,  
УО «Витебский государственный  
ордена Дружбы народов  
медицинский университет»,  
кафедра фармакогнозии  
с курсом ФПК и ПК,  
тел. раб.: 8 (0212) 37-09-29,  
Бузук Г.Н.

Поступила 06.09.2013 г.