

О.В. Созинов*, **Г.Н. Бузук****

* Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,
220023 г. Гродно, Республика Беларусь

** Витебский государственный ордена Дружбы народов
медицинский университет,
210023 г. Витебск, Республика Беларусь

Определение ресурсных показателей растений: регрессионные зависимости и проективный вес *Vaccinium vitis-idaea*

Изучены в ресурсоведческом плане ценоотические популяции брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) северо-западного региона Беларуси. Созданы достоверные регрессионные уравнения связи проективного покрытия и ресурсной фитомассы.

На полученном материале апробированы уравнения аналогичных зависимостей, полученные другими авторами. Уравнения из близлежащих регионов (северо-восток Беларуси) показали высокую степень точности оценки фитомассы по обилию на северо-западных популяциях, а зависимости, полученные на материале из континентальных регионов или из глобальных обобщений, – завышенные результаты.

Линейные и нелинейные функции могут на равных применяться для экспресс-оценки ресурсозначимых популяций брусники (проективное покрытие более 10%) с учетом степени изменчивости обилия (и высоты побегов) брусники.

Проективный вес (листья, воздушно-сухое сырье) для брусники колеблется в условиях севера-запада Беларуси в пределах от 1 до 2 г/м²/% и является более стабильным ресурсным показателем, чем урожайность и обилие, что дает основания к его практическому применению в ботаническом ресурсоведении и фитоценологии.

Ключевые слова: *Vaccinium vitis-idaea*, брусника, листья, надземная масса растений, популяция брусники, регрессионные уравнения в биологии, проективный вес сырья, Беларусь.

O.V. Sozinov*, G.N. Buzuk**

* Yanka Kupala State University of Grodno,
Grodno, 220023, Republic of Belarus

** Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University,
Vitebsk, 210023, Republic of Belarus

Determination of plant resource indices: regression dependencies and projective weight of *Vaccinium vitis-idaea*

The cowberry population (*Vaccinium vitis-idaea*) of the northwestern region of Belarus was studied from the resource-based point of view. Reliable regression equations of the connection between the projective cover and the resource phytomass have been created.

On the obtained material the authors tested equations of similar dependencies obtained by other authors. Equations from nearby regions (North-East of Belarus) showed a high degree of accuracy in estimating the abundance of phytomass by abundance in northwestern populations, and the dependencies obtained from continental regions or from global generalizations are overestimated.

Linear and non-linear functions can be applied equally for rapid assessment of resource-significant cowberry populations (projective coverage of more than 10%) taking into account the variability of abundance (and height of shoots) of cowberries.

The projective weight (leaves, air-dry raw materials) for cowberry varies in the conditions of the North-West of Belarus in the range from 1 to 2 g/m²/% and is a more stable resource indicator than the yield and abundance, which gives grounds for its practical application in the Botanical Resource Science and Phytocenology.

Key words: *Vaccinium vitis-idaea*, cowberry, leaves, aboveground plant mass, cowberry population, regression equations in Biology, projective weight of raw materials, Belarus.

Введение

Многие вопросы управления природными ресурсами, в конечном счете, сводятся к одной проблеме – оценке возможных стратегий их регулирования [Уатт, 1971]. Для принятия рациональных управленческих решений в области ботанического ресурсоведения необходима корректная, быстрая и бюджетная оценка урожайности и запасов доступных растительных ресурсов. Классические методы оценки урожайности и запаса сырья на местности трудоемки и занимают много времени [Крылова, Шретер, 1971; Крылова, 1973]. Их данные относительно быстро устаревают, при этом обязательным условием реализации оценки является изъятие части ресурсов, что на современном этапе развития экономики природопользования не является оптимальным решением вопроса.

Соответственно, в ботаническом ресурсоведении и геоботанике активно разрабатываются или/и модернизируются, наравне с дистанционными методами [Созинов, 2015а], наземные методики косвенного учета фитомассы. При этом используют следующие параметры:

1) параметры самих растений: «цена» проективного покрытия, проективный вес [Раменский, 1966], высота и прирост побегов, ресурсный объем (произведение высоты на покрытие), диаметр побегов, плотность модельных растений [Раменский, 1938, 1966; Ипатов, 1962; Позняков, 1973; Крылова, 1973; Крылова и др., 1989];

2) параметры фитоценоза: тип, полнота, сомкнутость, сквозистость, возраст древостоя и др. [Козьяков, 1975; Методика..., 1987; Федоров и др., 2010].

Очень часто для выявления достоверно значимых зависимостей применяют регрессионные уравнения различных порядков [Кононов, Розенберг, 1981; Крылова, Капорова, 1992; Созинов, Кузьмичева, 2003; Егошина и др., 2005; Бузук, 2013, 2014а; Кузьмичева, Бузук, Ломако, 2015; Сысой, 2016].

При этом указывается, что данные зависимости имеют региональный характер и недостаточно стабильны во времени и пространстве в связи с тем, что сами популяции растений во времени меняют возрастную структуру, жизненность при изменчивости (суточной, сезонной, многолетней и возрастной) и векторной смене (сукцессии) растительных сообществ, что ведет и к изменению зависимостей морфо-ценотических параметров и фитомассы. Нестабильность регрессионных зависимостей также связана с тем, что на равнинах, занимающих две трети земной суши, 90% площади составляют склоны [Мордкович, 2017].

При этом формируется орографический градиент, который, в первую очередь, на уровне катены, не позволяет создать универсальные уравнения для экспресс-оценки сырья, но дает возможность выявить линейные и нелинейные зависимости на достаточном уровне точности [Созинов, Кузьмичева, 2016]. Это подтверждают, с более высоким обобщением, московские биологи А.В. Смуров, Л.В. Полищук (1989) и И.П. Таранец, А.В. Смуров, Н.А. Кузнецова (2012), которые констатировали невозможность придания универсального характера регрессионным уравнениям вследствие высокой изменчивости биологических объектов.

В оценке связей параметров ресурсно-ценотического значения растений используют ряд вариантов регрессионных моделей, в том числе линейную и полиномиальную регрессию, а также экспоненциальную, логарифмическую, аллометрическую функции роста и асимптотические зависимости [Кононов, Розенберг, 1981; Мاستибродская, 2010; Бузук, 2013, 2014а; Сысой, 2016]. Установлен нелинейный характер зависимости между урожайностью надземной фитомассы и ее проективным покрытием в связи с непропорциональным ростом фитомассы относительно проективного покрытия при высоких (более 70%) значениях обилия [Бузук, 2014; Руденко, Бузук, Кузьмичева, 2017]. Это объясняется тем, что проективное покрытие регистрируется в двухмерном пространстве (проективное покрытие – это площадь горизонтальной проекции надземных частей растений в пределах учитываемой площади), а фитомасса формируется в трехмерном пространстве и, соответственно, зависит от высоты растений и, в целом, от архитектуры надземных побегов [Раменский, 1966].

Из исследованных Г.Н. Бузуком (2014) моделей одной из лучших аппроксимирующих функций для оценки связи проективного покрытия с фитомассой является уравнение Вейбулла (Weibull). Преимущество этой модели в определении надземной фитомассы брусники и др. растительного сырья по проективному покрытию показано Г.Н. Бузуком (2014а) и другими авторами [Руденко, Бузук, Кузьмичева, 2017].

Мы провели оценку проективного покрытия глазомерным и программным способом (метод точек в программе ImageJ) [Бузук, Созинов, 2014], а также выявили плотность запаса сырья (урожайности побегов, г/дм²) и сырьевую цену 1% проективного покрытия (проективный вес, г/дм²%) брусники на микроплощадках в различных фитоценозах двух административных районов Гродненской области Беларуси в течение двух лет. В результате выявлены ресурсные

относительно устойчивые константы (урожайность и проективный вес побегов), позволяющие оптимизировать работы по запасам сырья без изъятия фитомассы [Созинов, Бузук, 2017].

Доказано, что и линейные, и нелинейные (функция Вейбулла) уравнения вполне применимы для экспресс-оценки фитомассы брусники на малых учетных площадках при работе в ресурснозначимых популяциях (проективное покрытие более 10%). Для более детальных прогнозов с помощью линейных уравнений возможно применение градации проективного покрытия по трем диапазонам: до 10%, от 10 до 70% и выше 70% с применением отдельных линейных уравнений в каждом диапазоне. Вместе с тем, функция Вейбулла является более гибкой и позволяет аппроксимировать как линейные, так и нелинейные зависимости во всем диапазоне изменчивости объекта, что делает ее универсальной как для прикладных, так и для фундаментальных исследований (например, при изучении скорости роста растений, формирования фитомассы и т.п.) [Созинов, Бузук, 2017].

Для дальнейшей апробации регрессионных моделей в ботаническом ресурсоведении мы провели исследования связей ресурсной фитомассы и ценотических параметров модельного вида хозяйственно-полезного вида растения – брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – для оценки эффективности регрессионных уравнений различного типа и ресурсных характеристик в экспресс-оценке урожайности растительного сырья.

Материалы и методы

Исследования проведены на 12 ценотических популяциях брусники (*V. vitis-idaea*) в Гродненском районе Гродненской области Беларуси на территории ландшафтного заказника «Озёрь» (Universal Transverse Mercator: 35ULV₁). Полная характеристика изученных фитоценозов и популяций брусники приведена ранее [Созинов, 2014]. Оценку урожайности листьев брусники проводили методом проективного покрытия в пределах пробных площадей (400 м²) на 12 популяциях [Буданцев, Харитоновна, 1999] и методом линий точек на 6 популяциях из 12 [Бузук, Созинов, 2014а, б] в пределах контура фитоценоза (типа леса).

Для аппроксимации зависимостей между проективным покрытием и урожайностью побегов использовали линейные и нелинейные функции: линейную регрессию и асимптотическую функцию Вейбулла. Коэффициент детерминации мы рассчитывали из регрессионных зависимостей проективного покрытия от фитомассы, т.к. именно

надземная часть растений формирует покрытие, а не наоборот, что придает коэффициенту (R^2) функциональный аспект. Проективный вес (цена 1%, $\text{г/м}^2/\%$) мы рассматривали в двух аспектах: реальный и нормированный (удельный). Реальный проективный вес (цена 1%) мы получаем как частное от деления массы на проективное покрытие в пределах учетной площадки. Нормированный проективный вес мы рассчитывали как частное от деления реального проективного веса на площадь учетной площадки. При взятии частного от деления урожайности (г/м^2) на проективное покрытие мы также получаем нормированный проективный вес. Переход от проективного веса к урожайности (г/м^2) происходит путем произведения нормированного проективного веса на площадь учетной площадки.

Аналогичен алгоритм при работе с учетными площадками 1 ар [Раменский, 1966]. Оценку запаса сырья получают через произведение урожайности на площадь заросли с единой размерностью. Выход воздушно-сухого сырья брусники мы принимали равным 49% от свежесобранного на основании результатов [Сысой, 2016].

Статистическую обработку данных проводили в программе PAST 3.17 и Matlab 7.

Результаты и обсуждение

Анализ эффективности регрессионных уравнений различного типа для экспресс-оценки урожайности растительного сырья

В результате обработки полученных данных нами проведена оценка урожайности листьев (возд.-сух.) брусники и ее обилия на учетных площадках 1 м^2 [Созинов, 2014], и на этой основе выведены линейные и нелинейные (Вейбулла) зависимости проективного покрытия и фитомассы:

$$Y_1 = \frac{x - 8,485506}{0,498346947};$$

$$Y_w = \exp \frac{\ln \left[\frac{-\ln(1 - x/87,91885)}{0,032676651} \right]}{0,821216998},$$

где Y_1 – урожайность, г/м^2 , полученная на основе линейной зависимости; Y_w – урожайность, г/м^2 , полученная на основе уравнения Вейбулла; x – проективное покрытие, $\%/ \text{м}^2$.

Классическая методика проективного покрытия в ресурсоведении, по своей сути, дает величину проективного веса (цена 1% на 1 дм^2),

из которой находят урожайность ($\text{г}/\text{м}^2$) исходя из проективного покрытия ($\text{\%}/\text{м}^2$) ресурсного вида. Проективный вес (отношение урожайности к проективному покрытию на единице площади) в математическом смысле – это наклон регрессионной зависимости данных показателей на графике. Анализ закономерностей изменения проективного веса показал наличие трех диапазонов проективного покрытия, между которыми меняется характер зависимости: до 10%, от 10 до 70%, более 70% (рис. 1), что подтверждает данные об изменении характера зависимости массы от степени проективного покрытия растений при малых и больших значениях обилия. Соотношение массы побега к массе листьев на побеге: $1,31 \pm 0,02$ [Садырина, Касьянов, 2012] соответствуют приблизительно 79% доли фитомассы листьев от общей фитомассы брусники, которая формируется на вырубках [Егошина и др., 2005], и поэтому данные пропорции мы не использовали в своих расчетах, а использовали величину 69% согласно данным [Пааль, Пааль, 1980; Егошина и др., 2005; Сысой, 2016].

Проективный вес, полученный прямым способом путем изъятия фитомассы листа с 1 дм^2 , в зависимости от типа местообитания варьировал от 0,2 до $1,7 \text{ г}/\text{м}^2/\text{\%}$ (в среднем 0,8) при максимальных значениях на вырубках и опушках сосняков мшистых [Созинов, 2014]. При алолометрическим способе (по уравнению Вейбулла) получения проективного веса (отношение урожайности к проективному покрытию) значения несколько иные: $1,4 \text{ г}/\text{м}^2/\text{\%}$.

Анализ данных показал, что при сравнении результатов полученных различными авторами важен способ закладки учетных площадок. При регулярной закладке, а также при закладке учетных площадок только в пределах контуров (локусов, группировок, что равно плотным гектарам) изучаемого вида необходимо корректировать расчетные данные по урожайности и обилию с учетом его встречаемости. В противном случае получаются завышенные данные. Важно помнить, что плотные гектары – это не проективное покрытие, а площадь популяции, которую она занимает (в долях) от площади сообщества [Крылова, Капорова, 1992]. Определения площадей контуров зарослей ресурсного вида возможно также на основе стереологических [Бузук, 2014б] и геостатических [Бузук, 2016а, б] технологий.

Перед началом операций по расчетам урожайности и т.д. мы рекомендуем формировать два блока данных: данные по урожайности для нересурсозначимых (до 10%) и ресурснозначимых (более 10%) популяций. Этот эффект выявлен на нашем материале по 12 популяциям брусники: средняя урожайность $2,3 \text{ г}/\text{м}^2$ для популяций с проективным покрытием

брусники до 10%, 41 г/м² – для ресурснозначимых популяций и 28 г/м² – средняя урожайность для всех популяций (табл. 1).

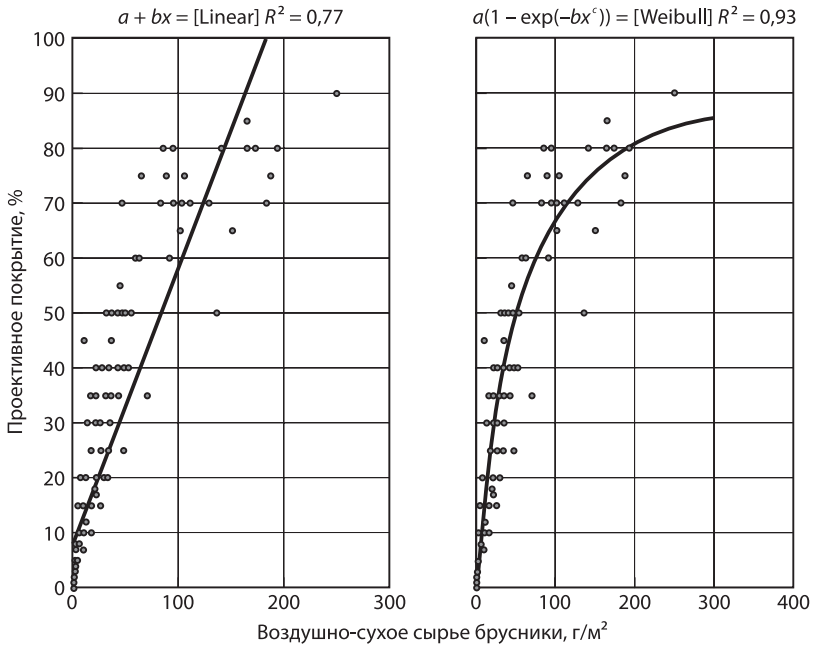


Рис. 1. Характер зависимости проективного покрытия от фитомассы брусники при линейной функции и асимптотической функции Вейбулла на основе оценки проективного покрытия методом проективного покрытия по обобщенным результатам 12 ценопопуляций Гродненского района Беларуси:

R^2 – коэффициент детерминации, $n = 183$

Fig. 1. The nature of the dependence of the projective cover on the phytomass of cowberries with a linear function and Weibull asymptotic function on the basis of the estimation of the projective covering by the method of projective covering by the generalized results of 12 cenopopulations of Grodno region of Belarus:

R^2 – determination coefficient, $n = 183$

На полученной нами выборке по проективному покрытию и урожайности 12 популяций брусники мы проверили регрессионные уравнения (урожайность – проективное покрытие) белорусских исследователей по ресурсам брусники по Витебской области [Мастибродская, 2010;

Таблица 1

**Результативность линейных уравнений
[Мастибродская, 2010; Сысой, 2016; Егошина и др., 2005; Крылова, Капорова, 1992]
урожайности растительного сырья брусники ($г/м^2$) по авторскому материалу (проверка точности)**

Источник	Линейные уравнения (по возд.-сух. фитомассе)	У (урожайность, $г/м^2$)	У (урожайность, листьев, $г/м^2$ (возд.-сух.))	Проективный вес по листьям, $г/м^2/о/о$, при проективном покрытии	
				30,5%	20%
Авторский материал ($n = 183$)		$28 \pm 3,3 / 41,3 \pm 4,7$		1,4	1,4
[Мастибродская, 2010] ($n = 67$)	$Y (\text{побеги}) = 1,9348x + 22,878$	$70,2 \pm 3,4$	$48,6 \pm 2,3$	2,4	1,6
[Сысой, 2016] ($n = 92$)	$Y (\text{побеги}) = 1,7405x + 19,6088$	$62,2 \pm 3,0$	$43,1 \pm 2,1$	2,2	1,4
	$Y (\text{листья}) = 1,2630x + 15,8796$	$46,8 \pm 2,2$		2,3	1,5
[Егошина и др., 2005] ($n = 6455$)	$Y (\text{побеги}) = 1,6602x + 1,0588h + 5,4019$	$61,7 \pm 2,9$	$42,9 \pm 2,0$	2,1	1,5
	$Y (\text{листья}^*) = 6,01 + 5,02x$	$128,2 \pm 8,7$	$63,5 \pm 4,3$	3,1	2,1
[Крылова, Капорова, 1992] ($n \sim 1500$)	$Y (\text{побеги}^*) = 10 + 6x$	$153,8 \pm 10,3$	$53,3 \pm 3,5$	2,7	1,7

У – урожайность, $г/м^2$, х – проективное покрытие, $\% / м^2$; h – высота побегов, см ($= 15$ см).

* Сырая фитомасса, оценку выхода воздушно-сухого сырья из сырого производили из расчета 49% [Сысой, 2016].

Оценку выхода воздушно-сухого сырья листа из побегов производили из расчета: доля листьев в общей сырьевой фитомассе – 69% [Сысой, 2016; Егошина и др., 2005].

Курсивом обозначены данные, где оценка урожайности проводилась только в ресурсозначимых популяциях (проективное покрытие брусники более 10%). Полу жирным выделены данные, где $p > 0,05$ относительно авторских данных по урожайности.

Сысой, 2016], а также по Кировской области России [Егошина и др., 2005] и Европейской части России [Крылова, Капорова, 1992].

Сравнение результатов апробации уравнений авторов из Беларуси и России по нашим данным показало достаточно близкие результаты белорусских исследователей (см. табл. 1), тогда как уравнения, созданные на материале Центральной части Европейской России, показали завышенные данные, что, возможно, является проявлением фактора континентальности. При этом урожайность сухих листьев брусники в Кировской области России сравнима с нашими данными: от 24 до 35 г/м² [Егошина и др., 2005]. На наш взгляд, возможно, это связано с различиями основной выборки, с одной стороны, по высоте, а с другой – по проективному покрытию. Например, уравнения Крыловой, Трембала (1978) с дифференциацией по высотам брусники показал на нашем материале завышенные данные: 78–82 г/м² при 7–14 см высоты побегов.

Дифференциация урожайности брусники в зависимости от региона дает нам основание применить для оперативных рекогносцировочных работ проективный вес, введенный в геоботанику Л.Г. Раменским (1966) для экспресс-оценки фитомассы травостоев. Использование формулы Л.Г. Раменского для оценки проективного веса брусники:

$$K = r(9,625 + 0,875h)$$

(где K – проективный вес на ар; $r = 1,3$; $h = 12$ см) позволило получить значение, равное 1,8 г/м²%, в пересчете на 1 м² по воздушно-сухому сырью, что сопоставимо с нашими эмпирическими данными (см. табл. 1).

Использование данных белорусских ресурсоведов [Мастибродская, 2010; Сысой, 2016] показало сходство проективного веса: 1,9 г/м²%. Значения проективного веса возд.-сух. листьев брусники в разных регионах России составили от 2 до 3 г/м²% [Крылова, Трембала, 1978; Пааль, Пааль, 1980, 1989; Крылова, Капорова, 1992; Егошина и др., 2005], что, на наш взгляд, обусловлено, в первую очередь, расчетом весов с очень усредненных величин урожайности и, возможно, климатическими причинами. Также, на наш взгляд, необходима дифференциация оценки проективного веса на лесных и нелесных территориях: выход листьев из сырья побегов брусники достигает 79% в нелесных биотопах в отличие от 69% – в лесных [Егошина и др., 2005], что, несомненно, сказывается на проективном весе.

Очевидно, что сравнивать данные, полученные разными методиками по урожайности, необходимо с учетом встречаемости вида в пределах сообщества, разграничения проективного покрытия и плотных гектар,

а также использование в оценке удельного запаса высоты растений. Поиск нормированных проективных весов ресурсно-значимых видов, наряду с составлением экспресс-таблиц определения урожайности по градициям высоты и обилия [Крылова, Трембаля, 1978; Крылова, Капорова, 1992], является важным направлением в ботаническом ресурсоведении, позволяющим применять экспресс-методы более точно и широко.

Сравнительная характеристика методик определения урожайности и запаса сырья с оценкой проективного веса

Нами проведена сравнительная оценка значений урожайности и запаса листьев брусники [Созинов, Бузук, 2017] с использованием методики проективного покрытия на пробных площадях и модифицированной методики учетных площадок (линии точек [Бузук, 2014б, в; Созинов, 2015б]) в пределах всего контура фитоценоза. Исследовано таким образом 6 ценопопуляций из 12.

В первом случае в каждом контуре выдела была заложена пробная площадь 400 м², на которой по диагонали заложено 20 учетных площадок 1 м² [Созинов, 2014]. В каждой площадке глазомерно оценивали проективное покрытие брусники и определяли воздушно-сухую фитомассу с 1 дм². Встречаемость рассчитывали на основании присутствия брусники в 20 площадках и, соответственно, урожайность сырья корректировали на основе встречаемости в пределах пробной площади. Запас сырья рассчитывали через произведение урожайности на площадь выдела, т.к. урожайность была уже скорректирована на встречаемость брусники, но в пределах пробной площади.

Во втором случае в этих же фитоценозах проводили равномерную закладку 100 учетных микроплощадок (0,16 м²) на 5 маршрутных ходах в пределах всего контура выдела (по 20 площадок на 1 линейную трансекту). На каждой площадке мы глазомерно оценивали проективное покрытие и срезали всю ресурсную фитомассу (побеги). На основании встречаемости методом точек мы рассчитывали площадь, занимаемую популяцией в контуре выдела (плотные гектары). И, соответственно, урожайность сырья (перевод массы побегов в массу листьев проводили на основании 69%) рассчитывали через произведение урожайности на плотные гектары (площадь популяции).

Анализ полученных результатов показал, что различия по урожайности и встречаемости брусники двух методик в некоторых фитоценозах достаточно значительно различаются (табл. 2), что подтверждает результаты аналогичной работы по *Ledum palustre* L. [Созинов, 2014], которые показали, что значения урожайности, полученные на одном

Таблица 2

Ресурсно-ценотические характеристики популяций брусники

№	Выдел леса		Метод проективного покрытия			Метод учетных площадок			Разница в запасах, кг
	Фитоценоз	Площадь, га	Встреча- емость, %	Урожайность, г/м ²	Запас сырья, кг	Встреча- емость, %	Урожайность, г/м ²	Запас сырья, кг	
1	Зарастающая вырубка в сосняке	0,9	85	104,3 ± 17,2	772,2	86	44,1 ± 4,1	340,7	+431,5
2	Сосняк бруснично- мшистый (опушка)	2,7	100	78,7 ± 9,9	2019,6	85	47,1 ± 3,4	1089,5	+939,1
3	Сосняк можжевельно- чернично-мшистый	1,7	100	13,8 ± 2,7	190,4	66	30,5 ± 3,2	341,9	-151,6
4	Сосняк бруснично- мшистый	0,8	90	23,1 ± 5,7	136,8	64	26,5 ± 2,1	135,0	+1,8
5	Ветровая поляна в сосняке бруснично- мшистом	1,0	100	13,5 ± 3	120,0	73	24,3 ± 2,1	177,3	-57,3
6	Сосняк можжевельно- чернично-мшистый	6,3	85	9,7 ± 3	403,2	76	54,8 ± 6,3	2617,1	-2213,9

и том же болотном массиве точечным методом и методом пробных площадей, различаются на 30% и более. Это свидетельствует, что для метода ключевых участков необходим полный охват ресурсными изысканиями модельных (эталонных) фитоценозов с помощью линейных (ленточных) трансект, вследствие высокой мозаичности сообществ.

Выявлена прямая корреляция между площадью выдела и разницей (по модулю) рассчитанных запасов по двум методикам: $r = 0,97$ ($p < 0,05$), что подтверждает мнение В.И. Василевича о том, что данные, полученные в пределах пробной площади, надо корректно и осторожно экстраполировать за ее границы [Василевич, 1969].

При расчете проективного веса ($г/м^2/о%$) по результатам двух методик нами получены сходные значения $\sim 1,1 г/м^2/о%$: при варьировании веса по первой методике (проективного покрытия) от 0,6 до 2, по второй (метод учетных площадок) – от 0,7 до 1,6 $г/м^2/о%$. В целом полученные результаты подтверждают данные об относительной стабильности проективного веса растений в одном регионе [Созинов, Бузук, 2017]. По нашим данным, значение проективного веса побегов брусники на открытых участках (вырубках, опушках) значительно выше, по сравнению с локусами, расположенными под пологом древостоя. Это свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к оценке запаса сырья с использованием проективного веса в зависимости от экологических режимов биотопов.

Для достаточно объективной оценки урожайности и запаса сырья мы считаем оптимальным применение учетных площадок на линейных трансектах (маршрутных ходах) с максимальным охватом изменчивости популяции в пределах всего фитоценоза, что дает сразу два показателя: площадь заросли и урожайность. Для оптимизации учета ресурсов выявление проективного веса ресурсных растений позволит ускорить оценку запасов без изъятия сырья, что позволит через проективное покрытие и/или высоты растений с подбором коэффициента к уравнению Л.Г. Раменского (1966) оперативно проводить ресурсные изыскания в конкретных популяциях.

Таким образом, в результате изучения регрессионных зависимостей «обилие – фитомасса» на примере популяций *Vaccinium vitis-idaea* Гродненского района Беларуси при сравнении с литературными источниками подтверждена их региональная относительная устойчивость (на уровне северного и северо-западного регионов Беларуси). Проективный вес растительного сырья *V. vitis-idaea* варьирует от 1 до 2 $г/м^2/о%$ и рекомендуется нами к внедрению в практику ботанического ресурсосведения. Для корректного выявления урожайности и запасов

растительного сырья, в первую очередь для экстраполяции данных (как в методе ключевых участков), необходим равномерный охват модельных (эталонных) биотопов методом линейных трансект с учетными площадками для выявления среднестатистической урожайности и площади заросли (плотных гектар).

Библиографический список / References

1. Буданцев А.Л., Харитоновна Н.П. Ресурсоведение лекарственных растений. СПб., 1999. [Budantsev A.L., Kharitonova N.P. Resursovedenie lekarstvennykh rasteniy [Resource studies of medicinal plants]. St. Petersburg, 1999.]

2. Бузук Г.Н. Характер связей между проективным покрытием и урожайностью побегов брусники в сыняке зеленомошном // Вестник фармации. 2013. № 4 (62). С. 44–49. [Buzuk G.N. The relationship between the projective cover and the yields of cowberry shoots in the wet pine. *Vestnik farmatsii*. 2013. № 4 (62). Pp. 44–49.]

3. Бузук Г.Н. Применение функций роста и асимптотических функций при определении проективного покрытия и урожайности лекарственных растений // Вестник фармации. 2014а. № 1 (63). С. 59–67. [Buzuk G.N. The application of growth and the asymptotic functions for the determination of the projective cover and productivity of medicinal plants. *Vestnik farmatsii*. 2014. № 1 (63). Pp. 59–67.]

4. Бузук Г.Н. К вопросу определения «цены» 1% проективного покрытия // Вестник фармации. 2014б. № 1 (63). С. 67–71. [Buzuk G.N. The determination of 'prices' of 1% projective cover. *Vestnik farmatsii*. 2014. № 1 (63). Pp. 67–71.]

5. Бузук Г.Н. Пути минимизации ошибок при определении площади зарослей лекарственных растений // Вестник фармации. 2014. № 3 (64). С. 31–38. [Buzuk G.N. Ways to minimize errors in determining the square thickets of medicinal plants. *Vestnik farmatsii*. 2014в. № 3 (64). Pp. 31–38.]

6. Бузук Г.Н. Гриндинг в ботаническом ресурсоведении: модельный эксперимент и методика // Вестник фармации. 2016а. № 2 (72). С. 55–63. [Buzuk G.N. Gridding in the Botanical resource studies: model experiment and methodology. *Vestnik farmatsii*. 2016. № 2 (72). Pp. 55–63.]

7. Бузук Г.Н. Уровни точности при определении параметров растительного покрова с применением кригинга: модельный эксперимент // Вестник фармации. 2016б. № 3 (73). С. 54–58. [Buzuk G.N. The levels of precision in determining the parameters of vegetation using kriging: a simulation experiment. *Vestnik farmatsii*. 2016. № 3 (73). Pp. 54–58.]

8. Бузук Г.Н., Созинов О.В. Оптимизация метода оценки обилия и площади зарослей лекарственных растений // Растительные ресурсы. 2014а. Т. 50. № 2. С. 316–323. [Buzuk G.N., Sozinov O.V. Optimization of a method of estimating the abundance and area of shrubs of medicinal plants. *Rastitelnye Resursy*. 2014. Vol. 50. № 2. Pp. 316–323.]

9. Бузук Г.Н., Созинов О.В. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фотоплощадок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014б. Т. 16. № 5 (5). С. 1644–1649. [Buzuk G.N., Sozinov O.V. Accounting projective cover of plants: a comparative assessment using the photoareas. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014. Vol. 16. № 5 (5). Pp. 1644–1649.]

10. Василевич В.И. Требования, необходимые для получения достоверных данных в работах по биологической продуктивности // Ботанический журнал. 1969. Т. 54. № 1. С. 111–117. [Vasilevich V.I. Requirements necessary to obtain reliable data in papers on the biological productivity. *Botanicheskiy Zhurnal*. 1969. Vol. 54. № 1. Pp. 111–117.]

11. Егошина Т.Л., Колупаева К.Г., Рычкова Н.Н., Скопин А.Е., Скрыбина А.А. Ресурсы *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в Кировской области. Сообщение 1. Фитоценотическая приуроченность и запасы // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41. № 1. С. 72–82. [Egoshina T.L., Kolupaeva K.G., Rychkova N.N. et al. Resources of *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) in the Kirov region. Message 1. Phytocenotic confinement and stocks. *Rastitelnye Resursy*. 2005. Vol. 41. № 1. Pp. 72–82.]

12. Ипатов В.С. О корреляции между проективным покрытием и весом травянистых растений // Ботанический журнал. 1962. Т. 48. С. 991–992. [Ipatov V.S. About the correlation between the projective cover and weighing of herbaceous plants. *Botanicheskiy Zhurnal*. 1962. Vol. 48. Pp. 991–992.]

13. Козьяков С.Н. Одни из возможных методов определения запасов дикорастущих ягод // Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск, 1975. С. 65–71. [Koz'yakov S.N. One of the possible methods to determine the stocks of wild berries. *Resursy yagodnykh i lekarstvennykh rasteniy i metody ikh izucheniya*. Petrozavodsk, 1975. Pp. 65–71.]

14. Кононов К.Е., Розенберг Г.С. Прогнозирование урожайности аласных сенокосов по гидрометеорологическим факторам методами самоорганизации // Биологические науки. 1981. № 3. С. 99–104. [Kononov K.E., Rozenberg G.S. Prediction of yield Alannah hayfields at the hydro-meteorological factor methods of self-organization. *Biologicheskie nauki*. 1981. № 3. Pp. 99–104.]

15. Крылова И.Л. О числе учетных площадок и модельных экземпляров при определении урожайности лекарственных растений // Растительные ресурсы. 1973. Т. 9. № 3. С. 457–466. [Krylova I.L. On the number of accounting fields and model instances in determining the yield of medicinal plants. *Rastitelnye Resursy*. 1973. Vol. 9. № 3. Pp. 457–466.]

16. Крылова И.Л., Капорова В.И., Соболева Л.С., Киселёва Т.М. Методика ориентировочной оценки величины запасов лекарственного растительного сырья // Растительные ресурсы. 1989. Т. 25. № 3. С. 426–432. [Krylova I.L., Kaporova V.I., Soboleva L.S., Kiseleva T.M. Methodology a rough estimate of the magnitude of the reserves of medicinal plant raw material. *Rastitelnye Resursy*. 1989. Vol. 25. № 3. Pp. 426–432.]

17. Крылова И.Л., Капорова В.И. Составление расчетных таблиц для оценки урожайности лекарственных растений по проективному покрытию // Растительные ресурсы. 1992. Т. 28. № 3. С. 141–156. [Krylova I.L., Kaporova V.I. The preparation of design tables for estimation of yield of medicinal plants on projective cover. *Rastitelnye Resursy*. 1992. Vol. 28. № 3. Pp. 141–156.]

18. Крылова И.Л., Шретер А.И. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений. М., 1971. [Krylova I.L., Shreter A.I. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu zapasov dikorastushchikh lekarstvennykh rasteniy [Methodical instructions on the study of stocks of wild medicinal plants]. Moscow, 1971.]

19. Крылова И.Л., Трембаля Я.С. Урожайность листьев брусники в средней полосе Европейской части СССР // Растительные ресурсы. 1978. Т. 14. Вып. 2.

С. 184–188. [Krylova I.L., Trembalya Ya.S. The yield of leaves of bilberry in Central European part of the USSR. *Rastitelnye Resursy*. 1978. Vol. 14. № 2. Pp. 184–188.]

20. Кузьмичева Н.А., Бузук Г.Н., Ломако Е.В. Линейные и нелинейные связи урожайности и проективного покрытия лекарственных растений // Вестник фармации. 2015. № 1. С. 24–28. [Kuz'micheva N.A., Buzuk G.N., Lomako E.V. Linear and nonlinear relationships of yield and the percent cover of medicinal plants. *Vestnik farmatsii*. 2015. № 1. Pp. 24–28.]

21. Мاستибродская И.П. Ресурсная характеристика модельных видов хозяйственно полезных растений Белорусско-Валдайской провинции // Ботаника (исследования). 2010. Вып. 39. С. 190–204. [Mastibrodskaya I.P. Resource characteristics of the model types of economically useful plants of the Belarussian-Valdai province. *Botanika (issledovaniya)*. 2010. № 39. Pp. 190–204.]

22. Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесостроительстве. М., 1987. [Metodika vyyavleniya dikorastushchikh syr'evykh resursov pri lesoustroystve [Methods of identification of wild natural resources in forest management]. Moscow, 1987.]

23. Мордкович В.Г. Сопряженность экологических сукцессий с катенной организацией пространства // Журнал общей биологии. 2017. Т. 78. № 2. С. 32–46. [Mordkovich V.G. Interconnectedness between ecological successions and catenary arrangement of space. *Biology Bulletin Reviews*. 2017. Vol. 78. № 2. Pp. 32–46.]

24. Пааль Т.В., Пааль Я.Л. Возрастная структура надземных побегов брусники // Растительные ресурсы. 1980. Т. 26. Вып. 1. С. 32–38. [Paal' T.V., Paal' Ya.L. The age structure of aboveground cowberry shoots. *Rastitelnye Resursy*. 1980. Vol. 26. № 1. Pp. 32–38.]

25. Пааль Т.В., Пааль Я.Л. Структура ценопопуляций брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. Таллинн, 1989. [Paal' T.V., Paal' Ya.L. Struktura tsenopopulyatsiy brusniki *Vaccinium vitis-idaea* L. [Structure of coenopopulations of cranberries *Vaccinium vitis-idaea* L.]. Tallinn, 1989.]

26. Позняков Л.К. Лесное ресурсоведение. Новосибирск, 1973. [Poznyakov L.K. Lesnoe resursovedenie [Forest resource studies]. Novosibirsk, 1973.]

27. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М., 1938. [Ramenskiy L.G. Vvedenie v kompleksnoe pochvenno-geobotanicheskoe issledovanie zemel' [Introduction to complex soil-geobotanical investigation of lands]. Moscow, 1938.]

28. Раменский Л.Г. Прямые и комбинированные методы количественного учета растительного покрова // Труды МОИП. Т. 27. № 1. 1966. С. 17–45. [Ramenskiy L.G. Direct and combined methods for quantifying plant cover. *Trudy MOIP*. 1966. Vol. 27. № 1. Pp. 17–45.]

29. Руденко Е.В., Бузук Г.Н., Кузьмичева Н.А. Определение качества аппроксимации зависимостей урожайности и проективного покрытия ландшафта майского с помощью функции Weibull и аллометрической // Вестник фармации. 2017. № 1 (75). С. 41–47. [Rudenko E.V., Buzuk G.N., Kuz'micheva N.A. Determination of the quality of approximation of the dependency of yield and the percent cover of Lily of the valley by using the Weibull function and allometric. *Vestnik farmatsii*. 2017. № 1 (75). Pp. 41–47.]

30. Садырина Е.С., Касьянов З.В. К оптимизации определения запасов сырья брусники обыкновенной // Современная биология: вопросы и ответы: Материалы I международной научной конференции. Санкт-Петербург, 20–21 января

2012 г. Петрозаводск, 2012. С. 175–180. [Sadyrina E.S., Kasianov Z.V. To optimize the definition of stocks of raw cowberry. *Sovremennaiia biologii: voprosy i otvety*. I international scientific conference. St. Petersburg, January 20–21, 2012. Petrozavodsk, 2012. Pp. 175–180.]

31. Смуров А.В., Полищук Л.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статический и динамический аспекты. М., 1989. [Smurov A.V., Polishchuk L.V. *Kolichestvennye metody otsenki osnovnykh populyatsionnykh pokazateley: staticheskii i dinamicheskii aspekty* [Quantitative assessment of key population indicators: static and dynamic aspects]. Moscow, 1989.]

32. Созинов О.В. Ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в Гродненской области (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. № 3. С. 337–346. [Sozinov O.V. Resource characteristics of coenopopulations of *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) in the Grodno region (Republic of Belarus). *Rastitelnye Resursy*. 2014. Vol. 50. № 3. Pp. 337–346.]

33. Созинов О.В. Информационные технологии в ботаническом ресурсоведении: результаты и перспективы // Растительные ресурсы. 2015а. Т. 51. № 3. С. 449–462. [Sozinov O.V. Information technology in the Botanical resource studies: results and prospects. *Rastitelnye Resursy*. 2015. Vol. 51. № 3. Pp. 449–462.]

34. Созинов О.В. Оптимизация оценки урожайности сырья *Ledum palustre* (Ericaceae) на ключевом участке // Растительные ресурсы. 2015б. Т. 51. № 2. С. 213–220. [Sozinov O.V. Optimization of the assessment of the yield of raw material of *Ledum palustre* (Ericaceae) in key area. *Rastitelnye Resursy*. 2015. Vol. 51. № 2. Pp. 213–220.]

35. Созинов О.В., Бузук Г.Н. Регрессионные модели для экспресс-оценки урожайности растительного сырья // Современные проблемы экспериментальной ботаники: Материалы I Международной научной конференции молодых ученых, приуроченной Году науки в Республике Беларусь (Минск, 27–29 сентября 2017 г.). Минск, 2017. С. 29–33. [Sozinov O.V., Buzuk G.N. Regression models for the rapid assessment of productivity of vegetable raw materials. *Sovremennyye problemy eksperimental'noy botaniki: materialy I Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, priurochennoy Godu nauki v Respublike Belarus'* (Minsk, 27–29 sentyabrya 2017 g.). Minsk, 2017. Pp. 29–33.]

36. Созинов О.В., Кузьмичева Н.А. Ценопопуляции *Ledum palustre* L. и их сырьевая характеристика в условиях Средненеманской низины (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. 2003. Т. 39. № 3. С. 55–62. [Sozinov O.V., Kuz'micheva N.A. Cenopopulations *Ledum palustre* L. and their commodity characteristics in terms of Srednenemanskaja lowlands (the Republic of Belarus). *Rastitelnye Resursy*. 2003. Vol. 39. № 3. Pp. 55–62.]

37. Созинов О.В., Кузьмичева Н.А. Ресурсно-фитохимическая изменчивость и биоэкологическая характеристика *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в сосняке мшистом на орографическом градиенте (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52. № 2. С. 202–214. [Sozinov O.V., Kuz'micheva N.A. Resource and phytochemical variability and bioecological characteristics of *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) in mossy forest on orographical gradient (Republic of Belarus). *Rastitelnye Resursy*. 2016. Vol. 52. № 2. Pp. 202–214.]

38. Сойсой И.П. Оценка массы сырья дикорастущих лекарственных растений по некоторым биометрическим и продукционным // Ботаника (исследования): Сб. научных тр. Вып. 45. Мн., 2016. С. 145–159. [Sysoy I.P. Assessment

of the weight of raw material of wild medicinal plants on some biometric and production. *Botanika (issledovaniya)*. Vol. 45. Minsk, 2016. Pp. 145–159.]

39. Таранец И.П., Смуров А.В., Кузнецова Н.А. Репрезентативность проб разного размера при учете численности и оценке горизонтального распределения почвенных коллембол // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2012. № 3. С. 44–48. [Taranets I.P., Smurov A.V., Kuznetsova N.A. The representativeness of samples of different sizes in the census and the assessment of the horizontal distribution of soil spring tails. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*. 2012. № 3. Pp. 44–48.]

40. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход. М., 1971. [Watt K. *Ekologiya i upravlenie prirodnymi resursami. Kolichestvennyu podkhod* [Ecology and management of natural resources. A quantitative approach]. Moscow, 1971.]

41. Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Михайленко О.И., Самойлова Л.Ю. Методика оценки продуктивности лекарственных видов в растительных сообществах, описанных в системе эколого-флористической классификации Браун-Бланке // Известия Самарского НЦ РАН. 2010. Т. 12. № 1 (3). С. 846–849. [Fedorov N.I., Zhigunova S.N., Mikhaylenko O.I., Samoylova L.Yu. The technique of an estimation of productivity of medicinal species in the plant communities described in the system of ecological-floristic classification of Braun-Blanquet. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2010. Vol. 12. № 1 (3). Pp. 846–849.]

Статья поступила в редакцию 23.05.2017.

The article was received on 23.05.2017.

Созин Олeг Викторович – кандидат биологических наук, доцент; заведующий кафедрой ботаники, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Sozinov Oleg V. – PhD in Biology, Associate Professor; Head of Department of Botany, Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus

E-mail: ledum@list.ru

Бузук Георгий Николаевич – доктор фармацевтических наук, профессор; заведующий кафедрой фармакогнозии, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, Республика Беларусь

Buzuk Georgy N. – Dr. Hab. in Pharmacology, Professor; Head of Chair of Pharmacognosy, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

E-mail: buzuk@tut.by