



УДК 676.034:658:001.82

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЕКСПРЕС-ОБЛІКУ РЕСУРСІВ *HYPERICUM PERFORATUM* L.

В. М. Мінарченко

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна
e-mail: valminar@ukr.net

Представлені результати розробки моделі експрес-обліку ресурсів *Hypericum perforatum* L., створені на основі статистичного аналізу сировинно значущих показників популяцій цього виду, включаючи методи багатовимірної регресійної аналізу. Для комплексного статистичного опрацювання відібрано дані популяцій *Hypericum perforatum* щодо проективного покриття, щільності запасу сировини, висоти рослин, висоти сировинної частини пагона, щільності пагонів, маси суцвіть одного пагона, діаметра складних суцвіть із різних регіонів України. Серед шести аналізованих показників *H. perforatum* статистично значущими виявилися: проективне покриття, щільність пагонів і маса парціального пагона. Найвизначальнішим ресурсним показником *H. perforatum* є маса сировини одного пагона, яка тісно корелює з діаметром суцвіття і висотою сировинної частини пагона. На основі результатів статистичної обробки даних розроблені таблиці для експрес-обліку ресурсів звіробою звичайного. Побудована модель експрес-обліку ресурсів забезпечує отримання достовірних даних ресурсної значущості його популяцій, у подальшому вона може вдосконалюватися.

Ключові слова: методи обліку, регресійний аналіз, ресурси, *Hypericum perforatum*.

ВСТУП

Облік недеревних рослинних ресурсів, у т.ч. ресурсів лікарських рослин є необхідною умовою забезпечення їх сталого використання та збереження [2]. Потреба кількісного обліку ресурсів *Hypericum perforatum* L., оминаючи зважування сировини на кожній обліковій ділянці, обумовила необхідність розробки алгоритму оцінки ресурсів звіробою за визначальними морфометричними ознаками для підвищення ефективності польових ресурсних досліджень.

Облік ресурсів звіробою традиційно здійснюється за класичними ресурсними методиками з закладанням облікових ділянок у різних угрупованнях і подальшим опрацюванням отриманих даних [3, 4]. Цей метод дає змогу отримати точні дані на конкретних масивах, однак є трудомістким. Тому над удосконаленням методів обліку

ресурсів *Hypericum perforatum* ми працювали тривалий час. Метою даної роботи було розробити алгоритм експрес-обліку ресурсів звіробою звичайного у польових умовах на основі статистичного аналізу сировинно значущих показників, включаючи методи багатовимірної регресійного аналізу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для комплексного статистичного опрацювання відібрано дані з 80 популяцій із різних регіонів України щодо проективного покриття (P/p , %), щільності запасу сировини (M , $г/м^2$), висоти рослин (H , $см$), висоти сировинної частини пагона (Lm , $см$), щільності пагонів (Nr , $шт./м^2$), маси суцвіть 1 пагона (m_1 , $г$), діаметра складних суцвіть (Dm , $см$). Для визначення середніх показників висоти рослин, висоти сировинної частини та діаметра суцвіття на кожній ділянці здійснювали довільно виміри 10–15 пагонів. Відбір даних здійснювали за пропорційним принципом щодо ресурсної значущості популяцій звіробою звичайного в Україні.

Дослідження побудовано на застосуванні стандартних методів статистичного аналізу (регресійний аналіз). Вибір змінних для побудови регресійної моделі здійснений на основі алгоритму крокової регресії (метод включення) [1]. Кроковий алгоритм дає змогу виділити визначальні змінні (найтісніше корельовані зі значеннями досліджуваної характеристики). Для статистичної обробки використано первинні дані кількісних показників морфометричних і вагових характеристик звіробою звичайного. Як залежну змінну включено показники щільності запасу сировини; як незалежні – інші характеристики. Проводили також оцінку парних кореляцій середніх величин показників з використанням критерію Пірсона. Кластерний аналіз застосовували для з'ясування ієрархічних зв'язків ресурсних показників *H. perforatum*.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Попередній статистичний аналіз зібраних даних показав їхню однорідність і достатність за обсягом.

Результати кластерного аналізу свідчать, що існує кілька незалежно варіюючих систем показників, які визначають ресурсну значущість ценопопуляцій *Hypericum perforatum*, а саме: проективне покриття рослин, щільність сировинних пагонів, їх масу, котра найсуттєвіше залежить від висоти і діаметра сировинної частини пагона (рис. 1).

Встановлена загалом висока позитивна кореляція щільності запасу сировини *Hypericum perforatum* з проективним покриттям ($r=0,95$), вона дещо слабшає зі щільністю сировинних пагонів ($r=0,71$) (табл. 1). Отримані результати є статистично значущими з точністю $> 95\%$.

Перевірка на нормальність даних за критерієм Шапіро–Вілка показує, що розподіл близький до нормального, але трохи від нього відрізняється. Це свідчить про достатню, але невисоку точність отриманої моделі. Тобто побудована модель експрес-обліку ресурсів *Hypericum perforatum* забезпечує отримання достовірних даних ресурсної значущості його популяцій, але в подальшому може вдосконалюватися. Причому близька до прямолінійної залежність щільності запасу сировини і проективного покриття *H. perforatum* виявлена лише у діапазоні проективного покриття 5–5%.

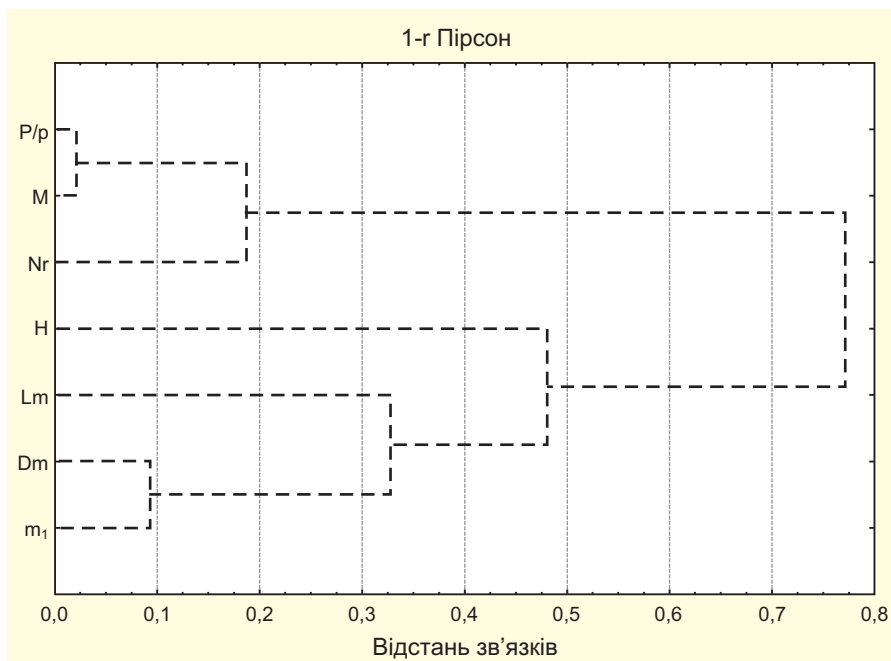


Рис. 1. Дендрограма зв'язків ресурснозначущих показників *Hypericum perforatum* L.: проективне покриття (P/p), висота рослини (H), висота сировинної частини (Lm), щільність пагонів (Nr), щільність запасу сировини (M), діаметр суцвіття (Dm), маса сировини 1 пагона (m_1)

Fig. 1. Dendrogram of ties of resource significance indicators of *Hypericum perforatum* L.: projective cover (P/p), plant height (H), the height of the raw part of shoot (Lm), the density of shoots (Nr), the density of the stock of raw materials (M), inflorescence diameter (Dm), the mass of raw material of one shoot (m_1)

Таблиця 1. Кореляція ресурсних показників *Hypericum perforatum*

Table 1. Correlation of resource indicators of *Hypericum perforatum*

Показники	<i>P/p</i>	<i>H</i>	<i>Lm</i>	<i>Nr</i>	<i>M</i>	<i>Dm</i>	m_1
<i>P/p</i>	1,00	0,24	-0,14	0,76	0,95	-0,16	-0,14
<i>H</i>	0,24	1,00	0,52	0,10	0,30	0,23	0,34
<i>Lm</i>	-0,14	0,52	1,00	-0,44	-0,02	0,48	0,71
<i>Nr</i>	0,76*	0,10	-0,44	1,00	0,71	-0,52	-0,52
<i>M</i>	0,95	0,30	-0,02	0,71	1,00	-0,03	-0,01
<i>Dm</i>	-0,16	0,23	0,48	-0,52	-0,03	1,00	0,91
m_1	-0,14	0,34	0,71	-0,52	-0,01	0,91	1,00

Примітка: * курсивом виділені достовірні коефіцієнти кореляції з рівнем значущості $p < 0,05$.

Comment: * the reliable coefficients correlation of data with significance level $p < 0.05$ are noted in italics.

Відхилення від лінійної залежності показників щільності запасу і проективного покриття звіробою за умов, коли воно $< 5\%$, обумовлене комплексом чинників. Одним із найбільш імовірних є те, що маса сировини одного пагона є результатом впливу на рослини багатьох незалежних екологічних і ценотичних факторів. Окрім того, визначення проективного покриття рослин *H. perforatum* з точністю до 1% є складним, що зменшує достовірність показників його ресурсної значущості за малої рясності.

Зміщення від лінійної залежності ресурсних показників *Hypericum perforatum* при проективному покритті > 40%, що, насамперед, обумовлене мозаїчною просторовою структурою його популяцій і може бути спричинене зменшенням його життєвості й показників щільності запасу сировини за умов надмірно високої для цього виду щільності особин у зв'язку з обмеженням ресурсів середовища. При цьому середні показники висоти рослин дещо збільшуються, а висота й діаметр сировинної частини зменшуються. У природних умовах проективне покриття популяцій *H. perforatum* варіює переважно у межах 20%, лише в окремих агрегаціях воно може сягати 80%, а середні показники на великих за площею масивах найчастіше становлять до 5%.

Загалом аналіз дисперсії показників щільності запасу сировини *H. perforatum* за різного проективного покриття з точністю 91% дав змогу встановити, що більше 93% вибірки попадає в діапазон довірчого інтервалу цих показників (рис. 2). Тобто у межах 5–80% проективного покриття *H. perforatum* отримані статистично достовірні дані щільності запасу сировини. Результати співставлення фактичних і прогнозованих ресурсних показників свідчать, що їх похибка варіює у межах 9%. Це дало змогу розробити розрахункову таблицю для визначення ресурсів звіробою (табл. 2) за проективним покриттям для оптимізації обліку ресурсів звіробою у польових умовах.

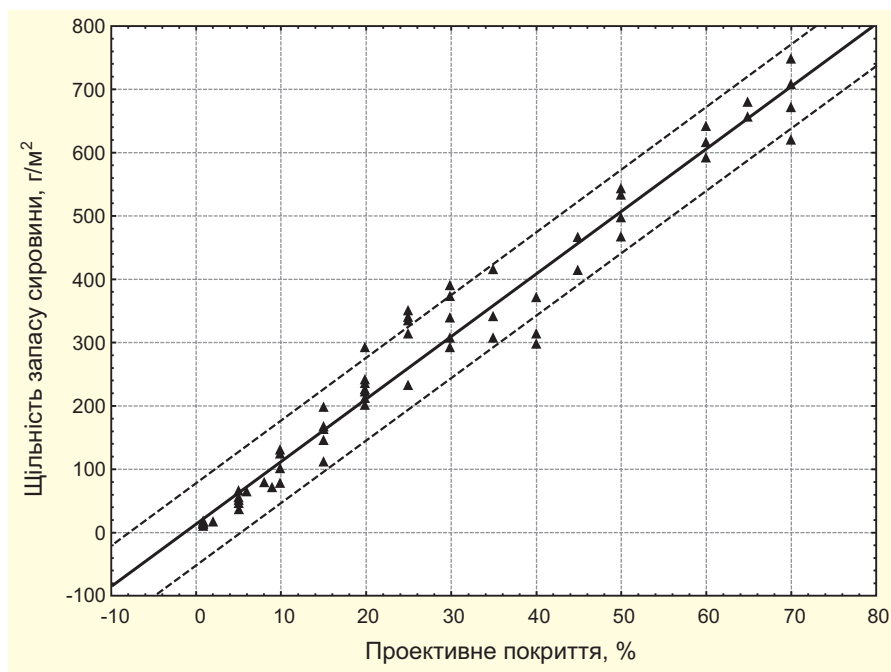


Рис. 2. Діаграма розсіювання показників щільності запасу сировини *Hypericum perforatum* L. за різного проективного покриття

Fig. 2. Diagram of scattering the signatures of the stock of raw materials of *Hypericum perforatum* L. for different signatures of a projective cover

Найбільша варіабельність показників щільності запасу сировини виявлена за проективного покриття звіробою у діапазоні проективного покриття до 5%. Так, за проективного покриття *Hypericum perforatum* 5% щільність запасу сировини

становила 34,8–66,7 г/м². Великий діапазон ресурсних показників за малої рясності особин обумовлений різноманітністю екологічних умов біотопів (насамперед – багатством і вологістю ґрунту), що найбільше впливає на життєвість і сировинну значущість звіробою. При цьому середні показники висоти рослин були у межах 39,8±2,8–75,7±8,2 см, висота сировинної частини пагона – 23,5±2,1–31,3±3,5 см. Щільність пагонів на облікових ділянках варіювала від 4,3±0,1 шт./м² за діаметра суцвіття 16,8±2,1 см до 8,1±0,7 шт./м² за діаметра суцвіття 7,8±0,9 см.

Таблиця 2. Розрахункова таблиця визначення щільності запасу сировини (m±9%) *Hypericum perforatum* за проєктивним покриттям

Table 2. Table of evaluation of stock of raw material (m±9%) of *Hypericum perforatum* on the projective cover

Проективне покриття, %	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Щільність запасу сировини, г/м ²	51	106	168	233	287	320	370	405	440	490	530	590	660	750	830	910

Тобто значна амплітуда показників щільності запасу сировини за малого проєктивного покриття обумовлена комплексом факторів, визначити вплив яких складно. Тому в таких випадках для отримання достовірних ресурсних даних ми рекомендуємо застосовувати інший методичний підхід, який базується на кореляції морфометричних і вагових характеристик сировинної частини одного пагона.

Встановлено, що кореляція маси пагона з діаметром суцвіття звіробою звичайного ($r=0,91$) та висотою його сировинної частини ($r=0,71$) є висока (табл. 1). На основі результатів регресійного аналізу фактичних і прогнозованих показників маси сировини 1 пагона за різних значень діаметра його суцвіття і висоти сировинної частини ми розробили розрахункову таблицю (табл. 3). Апробація цієї таблиці у експериментальних умовах свідчить, що похибка між усередненими і фактичними даними щодо сировинної маси пагона *H. perforatum* становить у середньому 6,8±0,4%.

Таблиця 3. Розрахункова таблиця визначення маси сировини пагона *Hypericum perforatum* за показниками висоти і діаметра його сировинної частини

Table 3. Table of determination of raw mass of shoot *Hypericum perforatum* on data of height and diameter of its raw part

Діаметр суцвіття, см	Маса сировини 1 пагона, г															
16,0–17	7,6	8,3	9,1	10,2	11,2	12,1	12,9	13,6	14,5	15,1	15,7	16,1	16,5			
15,0–15,9	6,8	7,4	8,2	8,9	9,8	10,8	11,9	12,6	13,3	13,8	14,4	14,9	15,4			
14,0–14,9	6,2	6,6	7,3	8,0	8,7	9,5	10,5	11,4	12,0	12,4	13,0	13,6	14,1			
13,0–13,9	5,9	6,1	6,5	7,1	7,9	8,6	9,2	9,8	10,5	11,2	11,7	12,1	12,5			
12,0–12,9	5,6	5,8	6,0	6,4	6,8	7,6	8,2	8,7	9,1	9,7	10,1	10,7	11,2			
11,0–11,9	5,1	5,4	5,7	5,9	6,4	6,8	7,4	7,8	8,3	8,7	9,0	9,5	9,9			
10,0–10,9	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9	6,3	6,8	7,2	7,5	7,9	8,2	8,6	8,9			
9,0–9,9	4,1	4,4	4,7	5,0	5,4	5,8	6,2	6,5	6,7	7,0	7,4	7,9	8,2			
8,0–8,9	3,8	4,1	4,4	4,6	4,8	5,1	5,5	5,9	6,2	6,4	6,8	7,2	7,5			
7,0–7,9	3,3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,3	5,7	5,9	6,2	6,4	6,6			
6,0–6,9	2,9	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,7	5,0	5,3	5,4	5,6	5,9			
5,0–5,9	2,4	2,8	3,1	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,2			
Висота сировинної частини пагона, см	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			

Ймовірно, що вихідними показниками ресурсної значущості популяцій багатьох видів лікарських рослин є маса сировини однієї особини (пагона) і їх щільність (кількість на одиницю площі), а найтісніша залежність між щільністю запасу сировини *H. perforatum* і щільністю пагонів спостерігається у діапазоні до 5% покриття ($r=0,81-0,77$). У подальшому ця залежність зменшується, а дисперсія збільшується (рис. 3). Тому у випадках, коли візуально здійснити оцінку ресурсів звіробою за проективним покриттям складно, – ми рекомендуємо застосувати вказану таблицю для експрес-оцінки ресурсів *H. perforatum* у польових умовах.

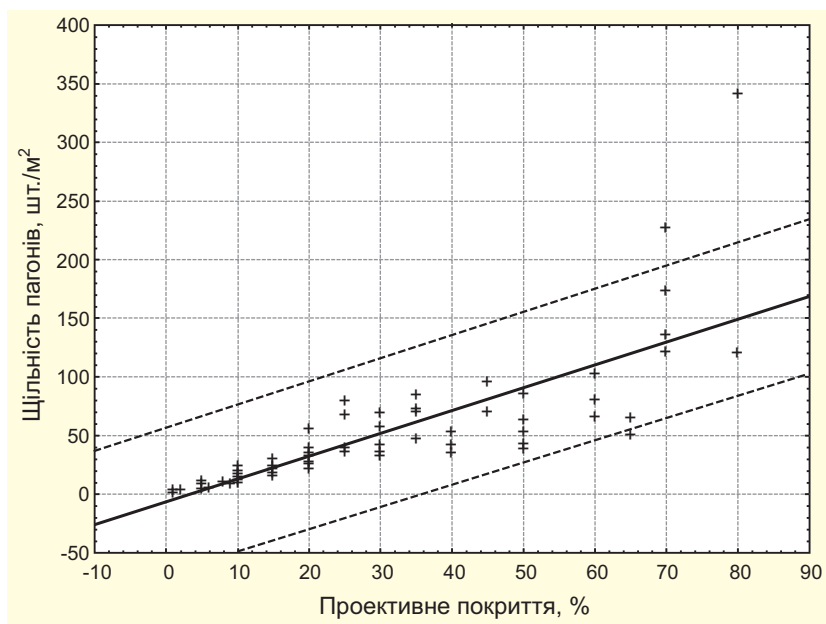


Рис. 3. Діаграма розсіювання щільності пагонів *Hypericum perforatum* L. за різного проективного покриття
Fig. 3. Diagram of scattering the signatures of the density of shoots of *Hypericum perforatum* L. for different signatures of projective cover

Порівняння фактичних і прогнозованих значень *Hypericum perforatum* щільності запасу за щільністю пагонів з урахуванням діаметра складного суцвіття дає розбіжність у межах 7–9%. Це підтверджує достовірність статистичних розрахунків і дає підстави рекомендувати цей метод для експрес-обліку ресурсів звіробою, хоча він дещо складніший за попередній.

Отримані моделі експрес-обліку ресурсів звіробою звичайного можна рекомендувати для попереднього розв'язання завдань оцінки його ресурсів у польових умовах до розробки точнішої моделі.

ВИСНОВКИ

Є кілька незалежно варіюючих систем показників, які визначають ресурсну значущість *Hypericum perforatum*: проективне покриття рослин, щільність сировинних пагонів, їхня маса, яка найсуттєвіше залежить від висоти і діаметра сировинної частини пагона.

Найвизначальнішим ресурсним показником *H. perforatum* є маса сировини одного пагона, яка тісно корелює з діаметром суцвіття і висотою сировинної частини пагона. Значна варіабельність ресурсних показників *H. perforatum* за умов малої рясності обумовлена різноманітністю екологічних умов біотопів (насамперед – багатством і вологістю ґрунту), що найбільше впливає на життєвість і сировинну значущість рослин.

ПОДЯКА

Висловлюємо подяку за надання цінних консультацій у статистичному опрацюванні наявних даних д-ру біол. наук Інституту зоології імені І.І. Шмальгаузена НАН України І.І. Дзеверіну.

1. Афифи А., Эйзен С. **Статистический анализ с использованием ЭВМ** / пер. с англ. Москва: Мир, 1982. 488 с.
2. Мінарченко В.М. **Державний кадастр рослинного світу. Збереження і стале використання біорізноманіття України: стан, перспективи та заходи вдосконалення.** Київ: Фітосоціоцентр, 2003. С. 147–152.
3. Мінарченко В.М., Мінарченко О.М. **Методика обліку рослинних ресурсів.** Київ: ПП Вірлен, 2004. 40 с.
4. Крылова И.Л., Шретер А.И. **Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений.** Москва, 1971. 21 с.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR EXPRESS-EVALUATION OF RESOURCES OF *HYPERICUM PERFORATUM* L.

V. M. Minarchenko

*M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2, Tereshchenkivska St., Kyiv 01601, Ukraine
e-mail: valminar@ukr.net*

The results of development of the model of resource evaluation of *Hypericum perforatum* L. in the field, based on statistical analysis of raw-material-relevant characteristics of populations of this species, including multivariate regression analysis, are presented. For a comprehensive statistical analysis of, the data of *Hypericum perforatum* populations, the projective cover, density of the stock of raw materials, plant height, height of raw part of the shoot, shoot density, mass inflorescences of one shoot, the diameter of complex inflorescences were selected from different regions of Ukraine. Among six analyzed parameters of *H. perforatum*, projective cover, shoot density and mass of the partial escape were the statistically significant. The most significance resource from characteristics of *H. perforatum* is the mass of the one raw shoot, which is closely correlated with the diameter of inflorescence and height of raw shoots. On the basis of statistical data, the table for express-evaluation of resources of St John's wort was developed. That model of rapid resource evaluation provides data validity of resource significance in population and in future it can be improved.

Keywords: accounting methods, regression analysis, resources, *Hypericum perforatum*.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЭКСПРЕСС-УЧЕТА РЕСУРСОВ *HYPERICUM PERFORATUM* L.

В. Н. Минарченко

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
ул. Терещенковская, 2, Киев 01601, Украина
e-mail: valminar@ukr.net

Представлены результаты разработки модели экспресс-учета ресурсов *Hypericum perforatum* L. в полевых условиях, созданные на основе статистического анализа сырьевых значимых показателей популяций этого вида, включая методы многомерного регрессионного анализа. Для комплексной статистической обработки отобраны данные популяций *Hypericum perforatum* относительно проективного покрытия, плотности запаса сырья, высоты растений, высоты сырьевой части побега, плотности побегов, массы соцветий 1 побега, диаметра сложных соцветий из разных регионов Украины. Среди шести анализируемых показателей *H. perforatum* статистически значимыми оказались: проективное покрытие, плотность побегов и масса парциального побега. Наибольшее ресурсное значение из характеристик *H. perforatum* имеет масса одного сырьевого побега, которая тесно коррелирует с диаметром соцветия и высотой сырьевых побегов. На основе результатов статистической обработки данных разработаны таблицы для зверобоя обыкновенного в полевых условиях. Построенная модель экспресс-учета ресурсов обеспечивает получение достоверных данных ресурсной значимости его популяций, в дальнейшем она может совершенствоваться.

Ключевые слова: методы учета, регрессионный анализ, ресурсы, *Hypericum perforatum*.

Одержано: 27.05.2013