

УДК 630\*164.5: 581.5

**СКОРОСТЬ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ХВОИНОК СО СРЕЗАННЫХ ВЕТОЧЕК  
ЕЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

Мазуркин П.М., Попова А.О.

*Марийский государственный технический университет,  
Йошкар-Ола, Россия*

**Показан способ анализа процесса влагоудерживания проб хвой веточек, срезанных с учетных деревьев ели, растущих в лесу, от концов мутовок, расположенных по четырем сторонам света, а также обоснована возможность экологической оценки территории экологическим показателем средней скорости обезвоживания еловой хвой.**

**В настоящее время недостаточно изучены экологические свойства хвой деревьев ели, а также показатели и критерии биоиндикации лесной территории хвойниками.**

**Предложенный способ оценки динамики влагоудерживания пробами хвой деревьев ели, растущих в лесу, позволяет выявить существенные различия в значениях средней скорости обезвоживания проб хвой деревьев ели по мере их удаления от автодороги, что позволит в дальнейшем использовать данный показатель для оценки жизнестойкости деревьев, а также экологического режима и условий их произрастания.**

**Ключевые слова:** лесная экосистема, учетное дерево ели, мутовка, веточки по сторонам света, хвойники, средняя скорость обезвоживания.

Деревья как высшие растения в любом возрасте способны ежегодно накапливать информацию об экологическом состоянии территории, на которой они произрастают. Поэтому дерево, в частности ель, является великолепным регистрирующим экологическую ситуацию прибором [1]. Однако в настоящее время недостаточно изучены свойства хвой деревьев ели, а также не определены показатели экологического состояния и критерии оценки хвойнок ели, с помощью которых можно однозначно и достоверно проводить экологический мониторинг места произрастания ели.

Цель статьи – показать закономерности потери влаги по массе собранными пробами хвой с учетных деревьев ели, растущих в условиях лесной экосистемы.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) отобраны пробы хвой молодых деревьев ели, растущих на территории лесной экосистемы;

2) методом статистического моделирования в программной среде Curve Expert 1.3 определены закономерности изменения параметров динамики потери влаги хвоей деревьев ели, такие как начальная масса влаги в пробах и время достижения постоянной воздушно-сухой массы проб хвой;

3) рассчитана средняя скорость обезвоживания для всех собранных с учетных деревьев ели проб хвой.

Для проведения эксперимента были отобраны четыре молодых деревца ели европейской, или обыкновенной *Picea abies*, растущих на территории учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета (46 квартал, 1 выдел). Расстояние от авто-

мобильной дороги было более 50 м. При этом движение автомобильного транспорта на данной дороге, прилегающей к участку леса, выбранному для проведения эксперимента, характеризуется как неинтенсивное. Кроме того, деревья ели отбирали так, чтобы они находились друг от друга примерно на расстоянии 10 м вдоль поперечного створа по мере удаления от дороги.

После на каждом учётом дереве ели выбирали одну мутовку, затем выбирали ветвь первого порядка внутри выбранной мутовки с измерением геодезического направления её стебля с помощью компаса. Затем с конца стебля срезали основную пробу в виде веточки для анализа влагоудерживающей способности ее хвои. После срезки каждую веточку помещали в емкость для транспортировки, а затем на срезанных веточках в лабораторных условиях отделяли хвою от стебля. В дальнейшем пробу хвои многократно взвешивали с сушкой в комнатных условиях до достижения постоянной массы.

На учетном дереве ели ветви первого порядка, с которой срезали пробы веточек, выбирали в четырех направлениях света.

С ветвей первого порядка с конца стебля срезали веточки примерно на высоте 1,3 м от уровня земли в виде проб для анализа их влагоудерживающей способности.

При отборе пробы для проведения анализа влагоудерживающей способности на учетном дереве ели с каждой стороны света срезалась только одна веточка, причем срезка проводилась после вегетационного периода, в начале января 2009 г. и для анализа отбирались веточки только с однолетней хвоей.

Емкости для транспортировки каждой пробы от места срезки до лаборатории изготавливали в виде открытых бумажных пакетов. На каждом пакете отмечали вре-

мя срезки пробы, направление стороны света, а также номер учетного дерева ели, с которого собирали пробы веточек для анализа. Пробы взвешиваемой хвои хранили в комнатных условиях в других емкостях, выполненных в виде незакрытых бумажных коробочек, на которых записывались также номер учетного дерева ели и направление света, в котором была срезана с конца стебля ветви первого порядка проба веточки для анализа влагоудерживающей способности ее хвои.

В табл. 1 приведены значения массы проб хвои для учетного дерева ели № 2.

В комнатных условиях проводили изучение динамики потери влаги, содержащейся в пробах по замерам массы проб хвои. Замеры массы проб хвои проводили на весах марки Vibra AJ-420 SE с точностью 0,001 ( $\pm 0,0005$ ) грамм. Причем первый замер массы проб хвои был проведен примерно через полчаса после срезки проб веточек деревьев ели, когда пробы веточек были доставлены в лабораторию и хвоя отделена от стебля веточки. В первые шесть часов после срезки взвешивание проводили через каждый час, затем через каждые три часа, а на вторые и в последующие сутки недели – также через каждый три часа. Потом несколько суток пробы взвешивали два-три раза в светлое время суток, а далее в течение нескольких дней – один раз днём, после один раз в несколько дней и в конце – один раз в неделю. Причем замеры проводили, пока их масса не достигала постоянного значения при колебании массы в пределах ошибки взвешивания.

Данные измерений массы проб хвои ели подвергали статистической обработке [2, 3] в программной среде Curve Expert 1.3.

Статистическим моделированием выявили модель динамики потери влаги пробой хвои, например, собранной с дерева ели № 2 с северной стороны света в виде формулы:

$$m = m_{e0} \exp(-a_1 t^{a_2}) + m_c = 0,247497 \exp(-1,011468 t^{0,838073}) + 0,19196 \quad (1)$$

**Таблица 1.** Динамика потери влаги пробами хвои дерева ели № 2

Время, сутки	Масса проб хвои, г			
	Север	Юг	Восток	Запад
0.028	0.430	0.431	0.687	0.580
0.077	0.410	0.409	0.661	0.559
0.119	0.399	0.395	0.643	0.546
0.161	0.389	0.388	0.629	0.536
0.203	0.382	0.377	0.617	0.527
0.245	0.374	0.368	0.605	0.519
0.350	0.354	0.349	0.580	0.498
0.475	0.339	0.334	0.553	0.479
0.933	0.289	0.283	0.472	0.410
1.058	0.277	0.271	0.455	0.397
1.100	0.275	0.269	0.446	0.390
1.225	0.267	0.259	0.435	0.382
1.392	0.255	0.249	0.416	0.366
1.517	0.251	0.244	0.406	0.357
1.85	0.238	0.230	0.380	0.336
2.142	0.227	0.220	0.367	0.320
2.392	0.221	0.211	0.353	0.309
2.934	0.211	0.202	0.335	0.290
3.476	0.205	0.194	0.323	0.280
3.789	0.205	0.195	0.319	0.274
4.226	0.204	0.193	0.314	0.272
6.039	0.195	0.190	0.300	0.256
7.976	0.193	0.189	0.296	0.253
9.976	0.190	0.187	0.293	0.251
12.455	0.191	0.191	0.296	0.253
19.392	0.192	0.190	0.295	0.251
28.017	0.193	0.192	0.297	0.253

Где  $m$  - динамическая масса пробы в ходе процесса естественной сушки, г;

$m_{e0}$  - начальная масса влаги в пробе, г;

$m_{e0} \exp(-a_1 t^{a_2})$  - переменная масса теряемой пробой влаги, изменяющаяся по закону гибели (спада), г;

$m_c$  - постоянная масса воздушно-сухих иголок с учетом гигроскопической их влажности и их сухой древесной массы, г;

$t$  - время естественной сушки с момента срезки пробы, сутки.

На рис. 1 представлен график потери влаги пробой хвои, собранной с учетного дерева ели № 2 с северной стороны света.

Как видно на рис. 1, процесс потери влаги хвоей дерева ели протекает по закону экспоненциальной гибели (спада) до постоянной воздушно-сухой массы иголок  $m_c$ .

При моделировании динамики потери влаги хвоей, собранной с других сторон

света, а также для других учетных деревьев ели были получены аналогичные результаты.

Остатки или абсолютные погрешности после моделирования статистической модели потери влаги пробойми хвои, собранных с северной стороны учетных деревьев ели, приведены на рис. 2.

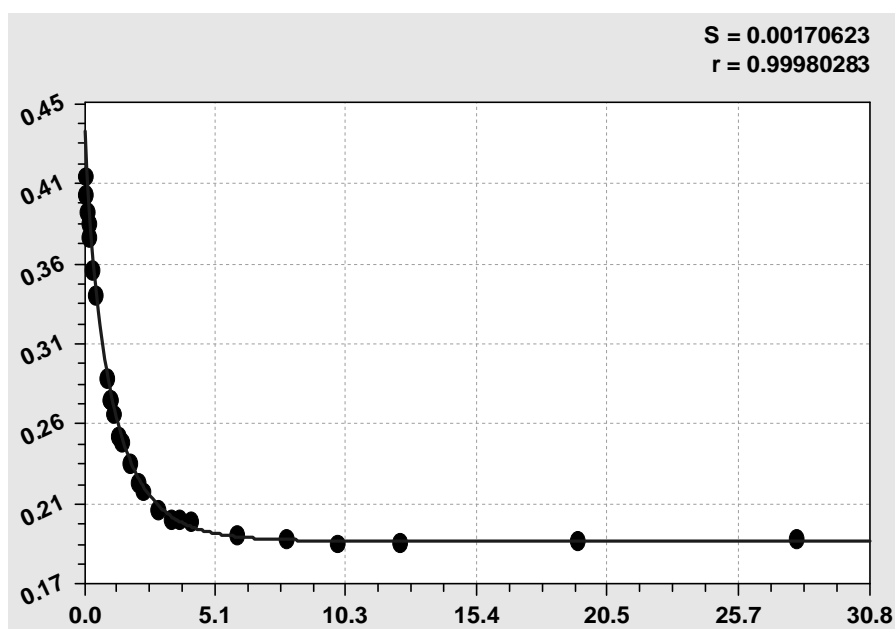


Рис. 1. График потери влаги пробой хвои со срезанной веточки с северной стороны ели № 2

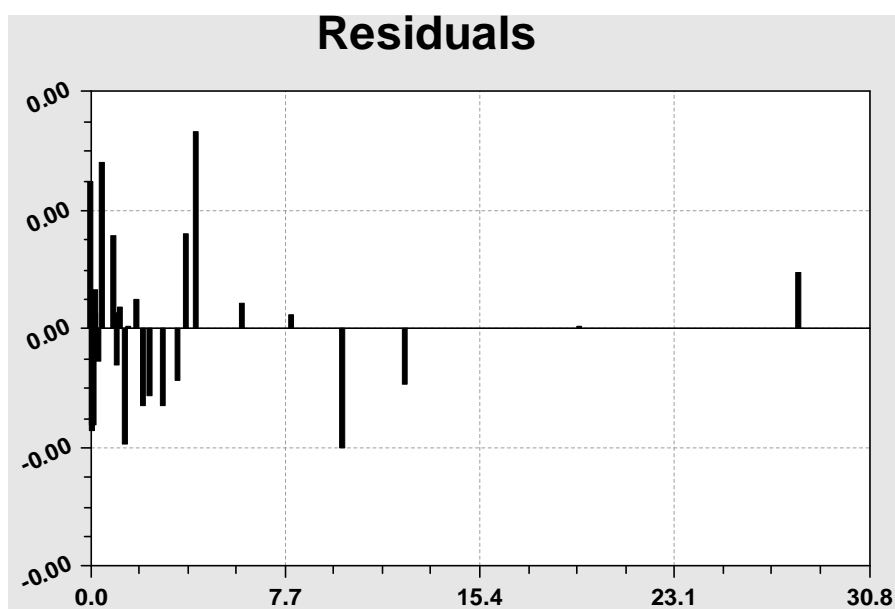


Рис. 2. График остатков после моделирования

По полученным статистическим моделям потери влаги рассчитывали время достижения постоянной массы хвои  $T$  и начальную массу влаги в пробе  $m_{e0}$ .

Для всех проб рассчитывали среднюю скорость обезвоживания по выражению:

$$V = \frac{m_{e0}}{T} \quad (2)$$

где  $V$  - средняя скорость обезвоживания пробы хвои, г/сутки;

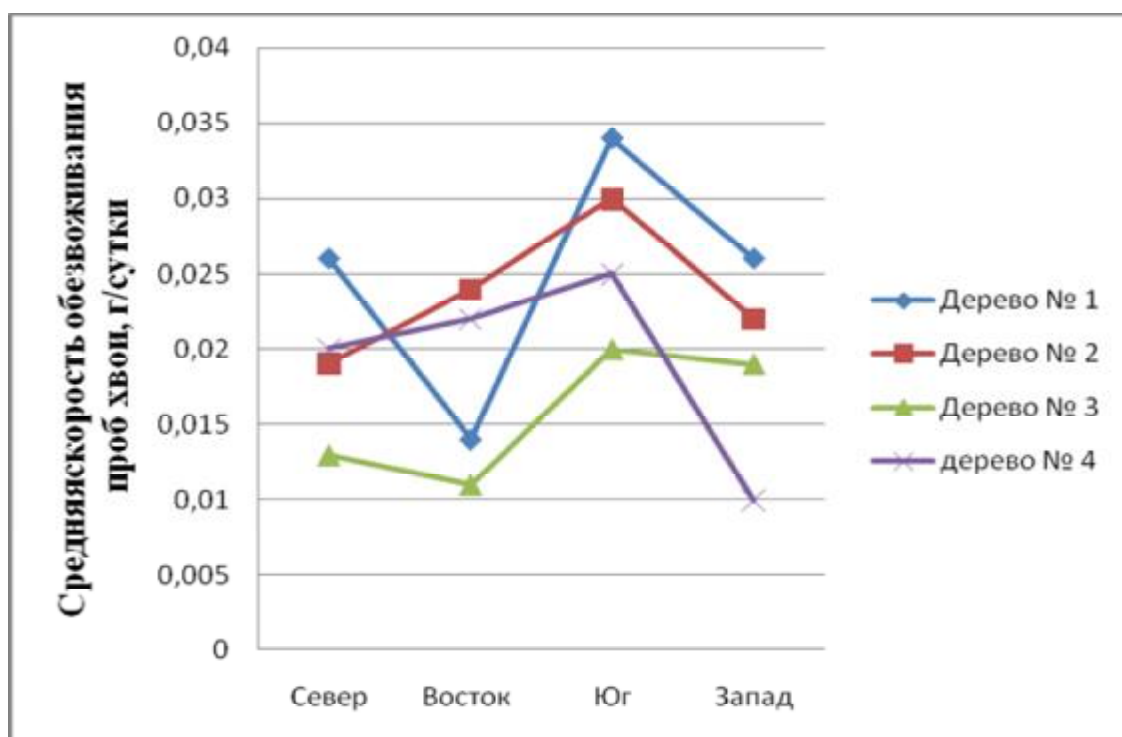
$T$  - время достижения комнатной воздушно-сухой массы  $m_c$ , сутки.

В табл. 2 представлены средние скорости обезвоживания проб хвои у деревьев ели.

На рис. 3 приведен график по экспериментальным точкам, на котором показано изменение скорости обезвоживания собранных проб хвои с деревьев ели по четырем сторонам света для четырех учетных деревьев ели.

**Таблица 2.** Средняя скорость обезвоживания проб хвои у деревьев ели

Номер учетного дерева ели	Стороны света			
	Север	Восток	Юг	Запад
№ 1	0,026	0,014	0,034	0,026
№ 2	0,019	0,024	0,030	0,022
№ 3	0,013	0,011	0,020	0,019
№ 4	0,020	0,022	0,025	0,010



**Рис. 3.** График изменения скорости обезвоживания собранных с учетных деревьев ели проб хвои

Как видно на рис. 3, средняя скорость обезвоживания собранных проб хвои неодинакова по сторонам света. По-видимому, по азимуту происходит закономерное изменение средней скорости обезвоживания хвоинок, что требует экспериментов со всеми мутовками на одной высоте дерева ели.

Указанный экологический показатель у разных деревьев ели колеблется значительно, что указывает на хорошую экологическую информативность принятого показателя средней скорости обезвожива-

ния. Особенно заметно отличие средней скорости обезвоживания для деревьев № 2 и дерева № 3. Их можно сопоставлять по условиям места произрастания, влияния солнечной освещенности и ветрового давления.

Полученные расчетные значения средней скорости обезвоживания хвои для дерева ели № 2 и дерева ели № 3 были сравнены по t-критерию Стьюдента. В табл. 3 представлены результаты сравнения обеих статистических выборок.

**Таблица 3.** Средние скорости обезвоживания проб хвои у деревьев ели № 2 и № 3

Средняя скорость обезвоживания		t-критерий Стьюдента	
Дерево ели № 2	Дерево ели № 3	расчетный	табличный
0,0238	0,0158	2,4937	2,4469

Как видно из данных табл. 3, средняя скорость обезвоживания для дерева ели № 2 и дерева ели № 3 различаются значительно (при уровне значимости меньше 0,05).

Таким образом, по мере удаления от дороги деревьев ели средняя скорость обезвоживания проб хвои уменьшается значительно, что позволяет использовать данный показатель для оценки экологического состояния и других видов деревьев, растущих около учетных деревьев ели. А также по средней скорости обезвоживания проб хвоинок на веточках мутовок ели можно будет судить о жизнестойкости самих растущих деревьев ели и экологическом режиме на земельных участках их места произрастания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мазуркин, П.М. Экологический мониторинг (способы испытания деревьев). Учебное пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 224с.
2. Попова, А.О. Динамика естественной сушки срезанной ветки ели / А.О. Попова // Сб. материалов междунар. конф. - В 3 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 158-159.
3. Попова А.О. Динамика потери влаги веточками и верхушками мутовок молодых деревьев ели / А.О. Попова // Наука в условиях современности: сб. статей студентов, аспирантов, докторантов и преподавателей МарГТУ по итогам научно-технической конференции в 2008 г. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 160-163.

**DELIQUIFICATION RATE OF NEEDLES COLLECTED FROM CUT RAMULES OF FIR-TREES, GROWING ON FOREST ECOSYSTEM TERRITORY**

Mazurkin P.M., Popova A.O.  
*Mari state technical university,  
Yoshcar-Ola, Russia*

The analysis method of water retention process by ramule needle samples collected from the verticil extremities taken on accountable forest fir-trees in four cardinal directions is offered, and also the possibility of ecological territory evaluation by an ecological parameter of mean fir-tree needle deliquification rate is justified.

The ecological properties of fir-tree needle, and also forest territory bioindication parameters and criterions are now insufficiently investigated.

The offered evaluation method of water retention dynamics by forest fir-tree needle samples, allows to reveal essential differences in significances of an mean deliquification rate of needle samples of fir-trees placed in proportion to increase of distance from a road, that will allow in the following to use the given parameter for evaluation of tree persistence, and also ecological relations and their habitat conditions.

Key words: forest ecosystem, accountable forest fir-tree, verticil, ramules on cardinal directions, needles, mean deliquification rate.