

УДК 630\*164.5

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ УДЕРЖАНИЯ И ПОТЕРИ ВЛАГИ ХВОЕЙ ЕЛИ**

Мазуркин П.М., Попова А.О.

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

Приведены результаты анализа биотехнических закономерностей удерживания и потери влаги хвоей веточек, срезанных с учетных деревьев ели, растущих на пробных площадках в экологически чистом лесу и в условиях городского загрязнения.

Для повышения точности анализа влагоудерживающей способности у проб хвой веточек, срезанных с учетного дерева ели в различных геодезических направлениях, а также оценки экологической обстановки предлагается использовать критерий – время полной потери влаги в хвое. Взвешивание проб хвой до постоянной комнатной воздушно-сухой массы позволяет определить время цикла влагоудерживания и среднюю скорость обезвоживания пробы растений.

Предложенный способ экологической оценки территории динамикой массы хвой учетных деревьев ели, причем по средней скорости обезвоживания проб, позволяет выявлять группы деревьев. В последующем выполняется оценка воздействий на окружающую группу измеряемых учетных деревьев ели территорию.

**Ключевые слова:** дерево ели, мутовка, веточка, хвоя, средняя скорость обезвоживания, лесная и городская территории, экологическая оценка.

Растущие деревья способны поглощать большое количество загрязняющих веществ, находящихся в атмосферном воздухе. Поэтому при проведении экологического мониторинга [3] окружающей среды возможно использование показателей жизнеспособности деревьев [1], в частности закономерностей потери влаги собранными пробами хвой с учетных деревьев ели.

Недостатками известных способов оценки потери влаги хвоей деревьев ели являются неточность анализа водоотдачи хвоей ели. При этом не берутся пробы в виде целых веточек, срезаемых с учетного дерева ели в различных геодезических направлениях. Причина в том, что не определены характерные места у мутовок ели для взятия проб в виде веточек. Это не позволяет провести анализ экологической обстановки места произрастания

учетного дерева ели, а также по полученным в лабораторных условиях статистическим данным на пробах хвоинок с веточек четко ориентированных в пространстве мутовок каждой учетной ели.

В брошюре [1] предлагается критерий – время потери половины массы влаги, содержащейся в хвое. Однако прекращение взвешиваний проб хвой после потери более 50 % их исходной массы приводит к невозможности определения таких показателей динамики процесса влагоудерживания как начальная масса влаги в пробе, время достижения комнатной воздушно-сухой массы и средняя скорость обезвоживания пробы хвой деревьев ели. Таким образом, существующие способы оценки потери влаги не позволяют измерять показатели процессов удерживания или потери влаги, а по полученным данным невозможно проводить ана-

лиз влагоудерживающей способности проб хвоинок, собранных с учетных деревьев ели.

Цель статьи – показать основные закономерности удерживания и потери влаги пробами хвои учетных деревьев ели, а на их основе кратко изложить методику экологической оценки территории их места произрастания.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. определены статистические характеристики процесса влагоудерживания пробами хвои отдельных веточек, срезанных с учетных деревьев ели, произрастающих на лесной территории, то есть в экологически чистых условиях развития и роста лесных деревьев;

2. определены статистические характеристики процесса влагоудерживания пробами хвои веточек, срезанных с учетных деревьев ели, растущих на территории г. Йошкар-Олы, то есть в условиях активного загрязнения деревьев ели атмосферным воздухом;

3. определены закономерности удерживания влаги пробами хвои деревьев ели.

Для экологического обследования территорий были взяты деревья ели европейской, или обыкновенной *Picea abies* [2]. На территории учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета (46 квартал, 1 выдел, расстояние от автомобильной дороги брали более 50 м) были выбраны четыре молодых дерева ели в возрасте 15-20 лет. Деревья выбирали по мере их удаления от автомобильной дороги (возрастающий номер). На учетном дереве ели выбирали мутовку, затем ветвь первого порядка внутри мутовки с измерением геодезического направления ее стебля, с конца стебля срезали основную пробу в виде одной веточки. Для анализа влагоудерживающей способности хвои после срезки каждую веточку помещали в емкость для транспортировки в виде неза-

крытых бумажных пакетов. В лабораторных условиях на всех срезанных веточках отделяли хвоинки от стебля, пробы хвои складывали для естественной сушки в бумажные незакрепленные коробки, на которых фиксировали номер учетного дерева, а также направление стороны света, в котором была срезана проба в виде веточки. Каждую пробу многократно взвешивали с сушкой в комнатных условиях до достижения ею постоянной массы. Замеры массы проб хвои проводили на весах марки Vibra AJ-420 SE с точностью 0,001 ( $\pm 0,0005$ ) грамм.

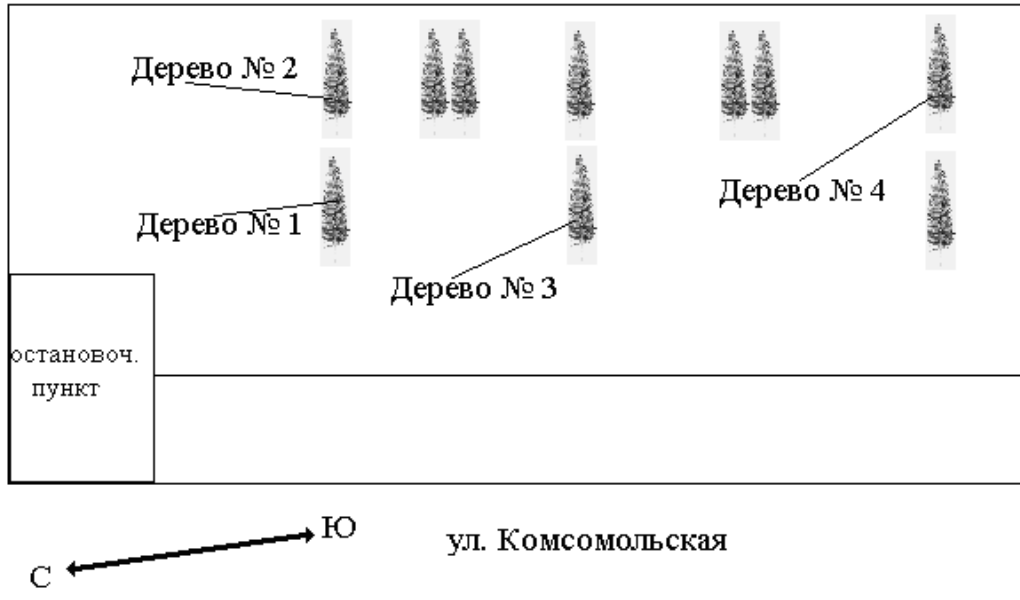
На каждом учетном дереве ели ветви первого порядка выбирали в четырех направлениях света. С ветвей первого порядка веточки для анализа влагоудерживающей способности хвоинок срезали с конца стебля примерно на высоте 1,3 м от корневой шейки ствола. Причем пробы собирали вне вегетационного периода в январе 2009 г.

В комнатных условиях потерю содержащейся в пробах хвои влаги измеряли по динамике массы хвоинок, причем в первые сутки взвешивание проводили через каждый час в первые 6 часов после срезки, затем через каждый три часа. В последующие сутки первой недели – также через каждый три часа, потом несколько суток замеры выполняли два-три раза в день, далее в течение нескольких дней – один раз в день, а после один раз в несколько дней и в конце опытов один раз в неделю. Причем замеры проводили, пока масса пробы не достигала постоянного значения при колебании в пределах погрешности весов.

На территории центра г. Йошкар-Олы были проведены аналогичные эксперименты для изучения влагоудерживания проб хвои деревьев ели, растущих в условиях активного загрязнения атмосферным воздухом. Для проведения опытов по изучению влагоудерживающей способности хвои деревьев ели были выбраны три пробные площадки:

1) Участок № 1 – площадка рядом со зданием театра им. Шкетана на площади им. Ленина с одной стороны и автодорогой по улице Комсомольская - с другой.

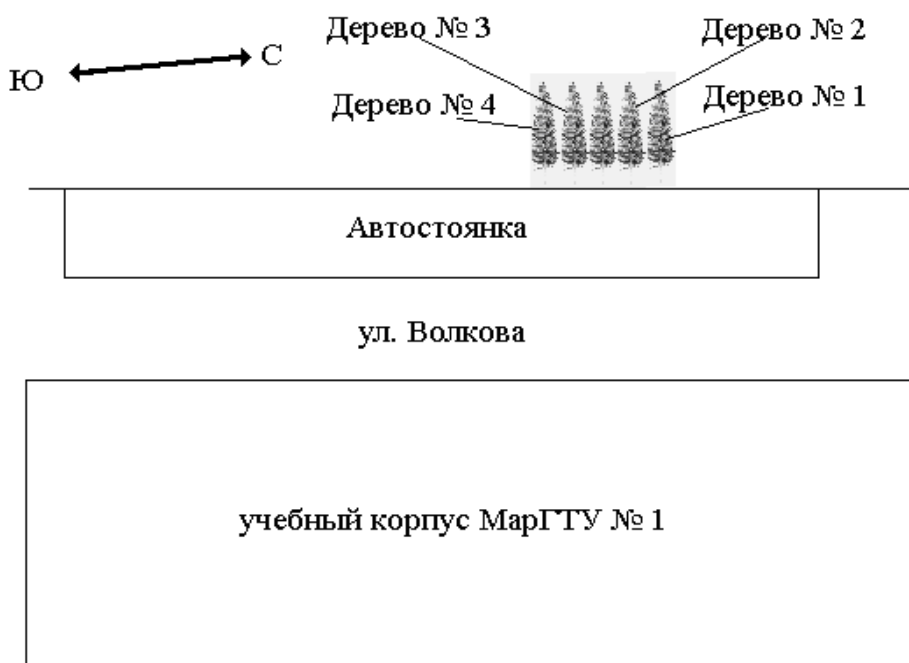
На рис. 1 представлена схема расположения учетных деревьев на участке исследования № 1.



**Рис. 1.** Схема расположения учётных деревьев на участке № 1

2) Участок № 2 - площадка рядом с центральным входом в корпус № 1 Марийского государственного технического университета, где учётные деревья стоят в один ряд, причем кроны плотно сомкну-

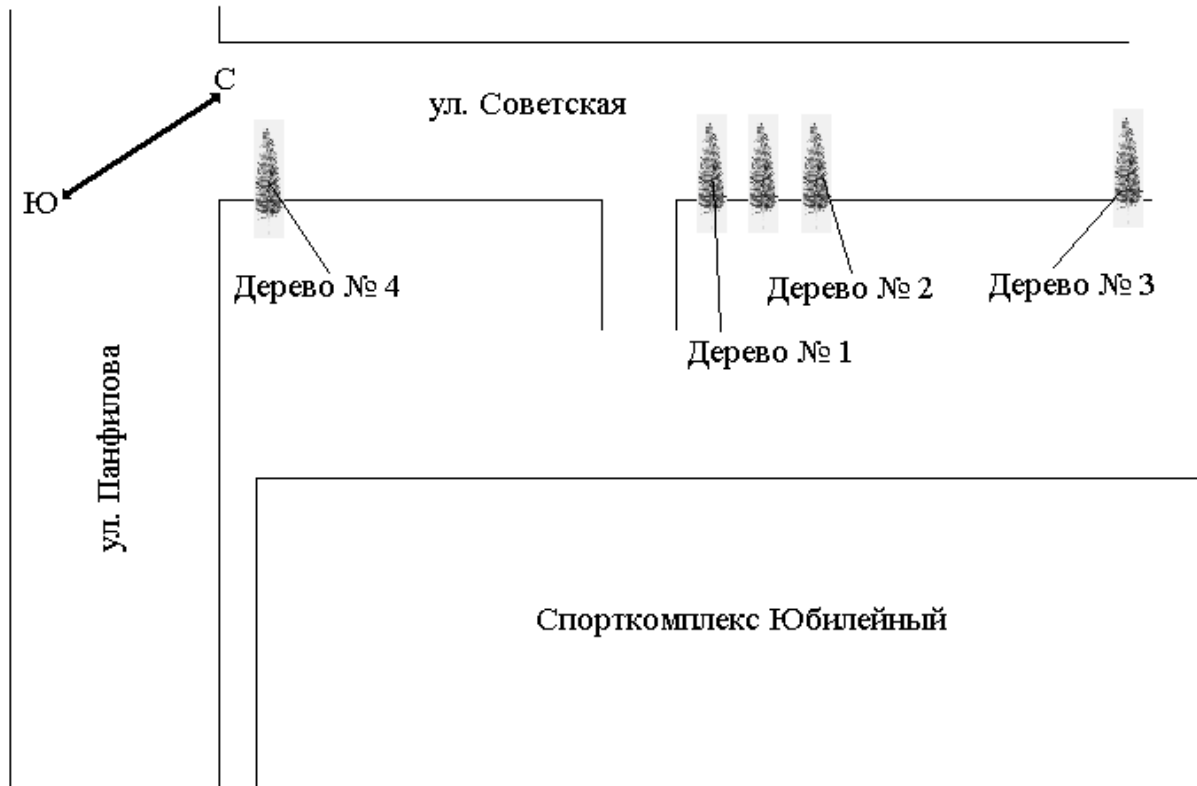
ты, а с восточной стороны площадки расположена автомобильная стоянка. На рис. 2 представлена схема расположения учетных деревьев ели на участке исследования № 2.



**Рис. 2.** Схема расположения учётных деревьев на участке № 2

3) Участок № 3 расположен вдоль ул. Советская напротив спорткомплекса Юбилейный, причем учетное дерево № 1 на данной пробной площадке растет у светофора на пересечении ул. Панфилова с ул. Советская.

На рис. 3 представлена схема расположения учетных деревьев ели на участке исследования № 3.



**Рис. 3.** Схема расположения учётных деревьев на участке № 3

Как видно на рис. 1, 2 и 3 все участки исследования, располагаются непосредственно рядом с городскими автомагистралями, причем участок № 3 – размещен вдоль автомобильной дороги и одновременно с юго-западной его стороны располагается перекресток с интенсивным автомобильным движением, а вдоль участка № 2 размещена автомобильная стоянка.

На каждой пробной площадке также были выбраны по четыре дерева ели, с которых срезали пробы в виде веточек для изучения влагоудерживающей способности их хвои. Возраст учетных деревьев ели составляет 25-30 лет. Пробы собирали вне вегетационного периода в конце февраля 2008 г. Методика проведе-

ния анализа процесса потери влаги хвоей деревьев ели, растущих в условиях активного загрязнения атмосферным воздухом аналогична методике анализа влагоудерживания хвои деревьев, растущих в на территории леса. Ее отличие заключалось только в том, что с конца стебля боковой ветви срезали по три веточки, так как для проведения эксперимента использовались менее точные лабораторные весы марки ELB 600 с точностью до 0,05 г. Кроме того, замеры массы собранных проб хвоек проводили по следующей схеме: в первые сутки – через каждые три часа, в последующие несколько суток – два-три раза днём, а затем в течение двух недель – один раз днём и далее один раз в неделю,

пока масса проб хвои не достигала своего постоянного значения.

Далее статистические данные измерений массы собранных проб хвои в процессе естественной сушки подвергали статистической обработке в программной среде Curve Expert 1.3.

Идентификацией выявили модель динамики удерживания и потери влаги в виде формулы:

$$m = m_g + m_c = m_{g0} \exp(-a_1 t^{a_2}) + m_c \quad (1)$$

где  $m$  - переменная масса пробы в ходе процесса естественной сушки, г;  $m_g$  - переменная масса влаги в пробе, г;  $m_{g0}$  - начальная масса влаги в пробе после срезки, г;  $m_c$  - масса высушенных иголок, г;  $t$  - время сушки с момента срезки пробы, сутки.

На рис. 4 представлен график удерживания и потери влаги пробой хвои веточки, срезанной с южной стороны с учетного дерева ели № 1 (участок № 1 на территории г. Йошкар-Олы).

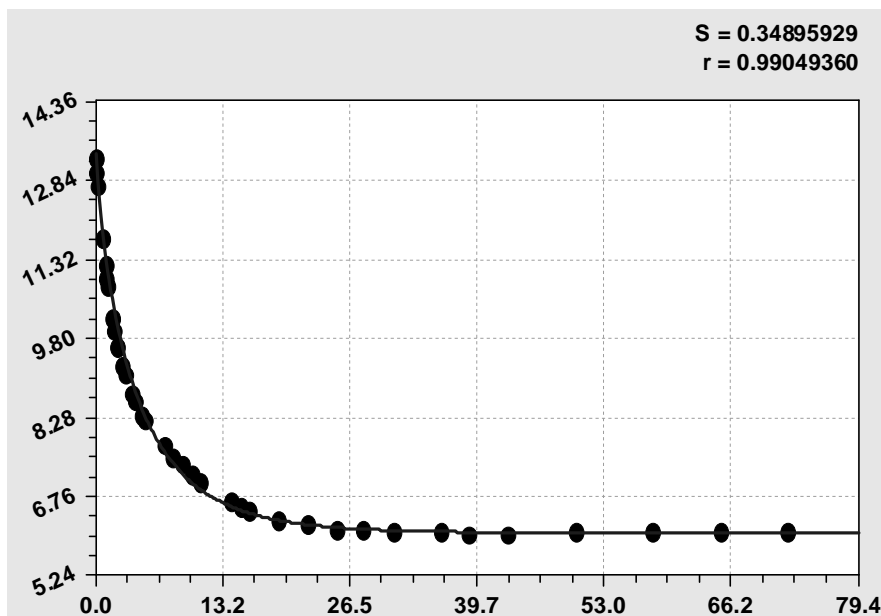


Рис. 4. График динамики влаги в пробе хвои веточки, срезанной с дерева ели № 1 с южной стороны

Графики динамики удерживания и потери влаги пробами хвои веточек, срезанных с других учетных деревьев ели, а также в других направлениях света аналогичны.

Первая составляющая  $m_g$  формулы биотехнической закономерности (1) показывает, что процесс естественной сушки протекает по закону гибели (спада) в общей форме, а вторая составляющая  $m_c$  – что потеря влаги будет проходить до некоторого постоянного значения массы влаги в пробе [4, 5].

На рис. 5 представлена схема динамики массы проб хвоинок, срезанных с веточек от учетных деревьев ели.

После срезки веточки исходная масса пробы хвои состоит из исходной массы влаги  $m_{g0}$  и массы сухих иголок  $m_c$ . При сушке масса влаги в пробе снижается по закону экспоненциальной гибели, и она в каждый момент времени высыхания состоит из суммы массы удерживаемой клетками влаги  $m_g$  и массы сухих иголок  $m_c$ . Скорость убывания массы влаги вначале высока, особенно в первые шесть часов после срезки веточки, а затем она постепенно уменьшается. Масса хвои уменьшается до постоянного значения и затем происходит ее колебание вокруг него в связи с изменением комнатной влажности.

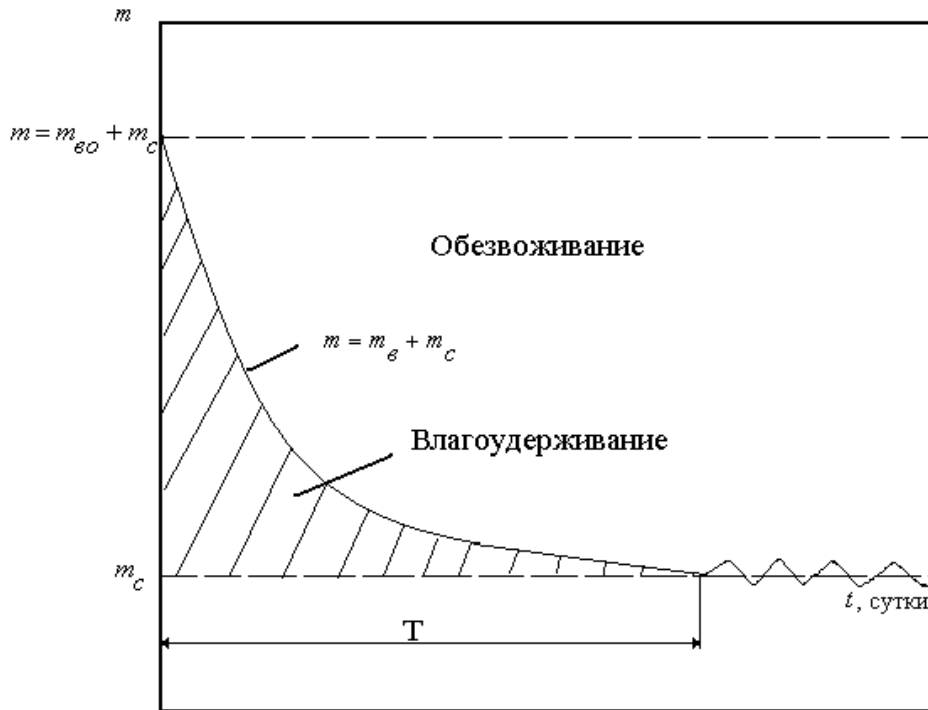


Рис. 5. Динамика массы пробы хвои от веточек учетной ели

Как видно на рис. 5, площадь под графиком показывает процесс влагоудерживания по формуле (1). А процесс обезвоживания пробы определяется площадью над графиком, поэтому динамика потери влаги характеризуется разницей  $m_0 - m$  и формулой

$$m_0 - m = m_{e0} (1 - \exp(-a_1 t^{a_2})) \quad (2)$$

Значение  $m_{e0}$  начальной массы влаги в пробе хвои учетного дерева ели можно узнать только после идентификации биотехнической закономерности (1) относительно результатов нового эксперимента.

Для всех проб рассчитывали среднюю скорость обезвоживания по выражению:

$$\bar{V} = m_{e0} / T \quad (3)$$

где  $\bar{V}$  - средняя скорость обезвоживания собранных проб хвои с учетных деревьев ели, г/сутки;  $T$  - время достижения комнатной воздушно-сухой массы  $m_c$  пробами хвои, сутки. Одновременно этот экологический показатель характеризует и сред-

нюю скорость влагоудерживания пробой, однако термин «скорость обезвоживания» пробы хвои предпочтительнее. Производная от формулы (2) даст переменную скорость обезвоживания растений.

В табл. 1 представлены значения средней скорости обезвоживания  $\bar{V}$  хвои веточек, срезанных со всех учетных деревьев ели.

В табл. 1 имеются прочерки. Они означают, что на учетных деревьях ели № 2 и № 3 на городском участке № 2 с южной стороны света нет живых ветвей. Также в табл. 1 можно заметить, что у некоторых деревьев ели, растущих в г. Йошкар-Ола, имеются резкие различия в значениях средней скорости обезвоживания проб хвои собранных со срезанных веточек с учетных деревьев ели (например, деревья на городском участке № 2). Это происходит в связи с тем, что указанные учетные деревья ели в данных геодезических направлениях плотно закрыты ветвями соседних деревьев.

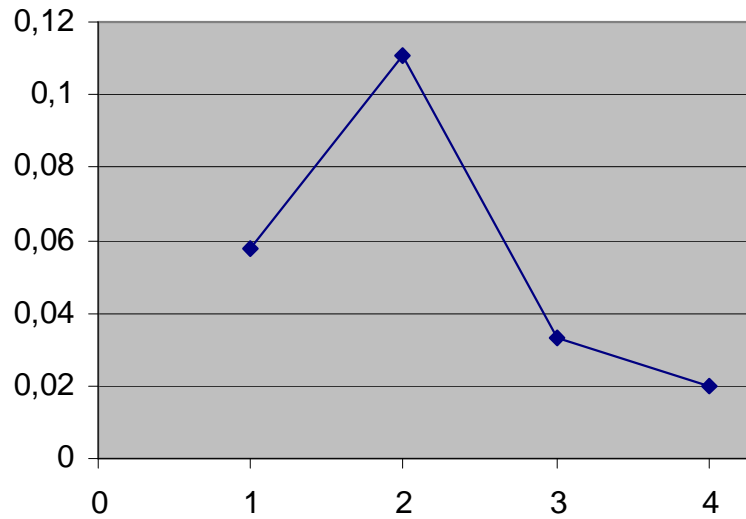
**Таблица 1.** Средняя скорость обезвоживания проб хвои срезанных веточек деревьев ели

| Номер дерева          | Север | Восток | Юг    | Запад |
|-----------------------|-------|--------|-------|-------|
| Лесной участок        |       |        |       |       |
| 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 |
| Городской участок № 1 |       |        |       |       |
| 1                     | 0,170 | 0,086  | 0,164 | 0,115 |
| 2                     | 0,087 | 0,070  | 0,153 | 0,140 |
| 3                     | 0,030 | 0,053  | 0,058 | 0,051 |
| 4                     | 0,048 | 0,073  | 0,072 | 0,046 |
| Городской участок № 2 |       |        |       |       |
| 1                     | 0,091 | 0,100  | 0,046 | 0,066 |
| 2                     | 0,062 | 0,087  | -     | 0,081 |
| 3                     | 0,062 | 0,170  | -     | 0,069 |
| 4                     | 0,033 | 0,042  | 0,123 | 0,083 |
| Городской участок № 3 |       |        |       |       |
| 1                     | 0,058 | 0,030  | 0,077 | 0,064 |
| 2                     | 0,111 | 0,066  | 0,052 | 0,110 |
| 3                     | 0,033 | 0,057  | 0,048 | 0,050 |
| 4                     | 0,020 | 0,059  | 0,055 | 0,055 |

На рис. 6 представлен график, на котором показаны средние скорости обезвоживания проб хвои (ордината) собранных со срезанных веточек с учетных деревьев ели с северной стороны света на городском участке № 3. Причем деревья на данной пробной площадке своей северной стороной выходят на автомобильную дорогу, а сами расположены в один ряд по мере удаления от перекрестка с интенсивным автомобильным движением. Номера деревьев приняты по удалению от перекрестка (абсцисса).

Как видно из точек на рис. 6, значение скорости обезвоживания у учетных деревьев ели с северной стороны на городском участке № 3 достигает максимального значения на некотором удалении от перекрестка с интенсивным автомобильным движением, и далее снова убывают.

Поэтому точка максимальной концентрации загрязняющих веществ также находится на удалении от края автомобильной дороги.



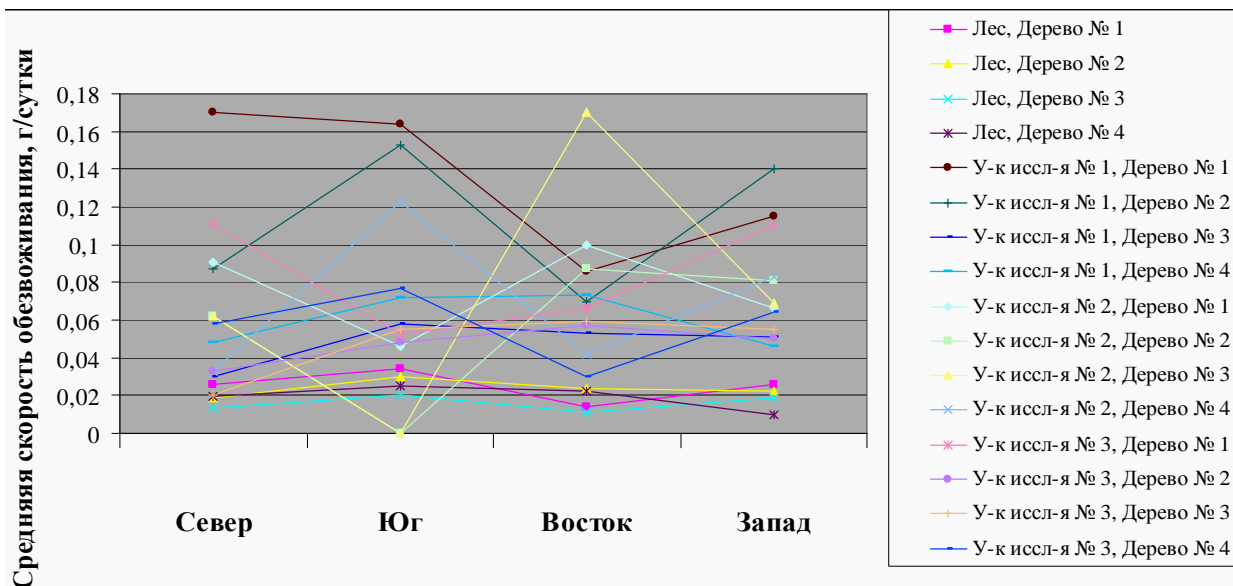
**Рис. 6.** Изменение средней скорости обезвоживания у проб хвои с северной стороны деревьев ели на городском участке № 3

На рис. 7 представлены экспериментальные графики, которые показывают динамику средней скорости обезвоживания проб хвои, собранных со срезанных веточек со всех учетных деревьев ели на всех площадках исследования.

Графики показывают, что значения скорости обезвоживания собранных проб хвои с учетных деревьев ели существенно

отличаются для проб хвои веточек, срезанных с разных учетных деревьев ели.

При анализе полученных значений средней скорости обезвоживания проб хвои деревьев ели были выявлены существенные различия для разных пробных участков по t-критерию Стьюдента при 5 %-ном уровне значимости.



**Рис. 7.** Средняя скорость обезвоживания проб хвои веточек, срезанных с учетных деревьев ели



На основе результатов экспериментов можно сделать следующие выводы:

1) показатель средней скорости обезвоживания может быть применен для экологической оценки воздействий загрязняющих веществ на окружающую среду из-за высокой чувствительности проб хвои к обезвоживанию после срезки веточек с мутовок ели;

2) максимальное значение скорости обезвоживания проб хвои, собранных с учетных деревьев ели, находится на некотором удалении от перекрестка дорожного движения, что можно использовать при оценке уровня загрязнения от автотранспорта, поэтому нужно вводить в эксперименты параметр расстояния от края дороги;

3) с помощью средней скорости обезвоживания у проб хвои учетных деревьев ели можно выявить экологические условия произрастания лесных и городских деревьев ели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Демаков, Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: Учебное пособие / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 76 с.

2. Казимиров, Н.И. Ель / Н.И. Казимиров. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 80 с.

3. Мазуркин, П.М. Экологический мониторинг (способы испытания деревьев). Учебное пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 224 с.

4. 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.

5. 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.

#### REGULARITIES OF WATER RETENTION AND DESICCATION BY FIR-TREE NEEDLE

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

The results of the biotechnical regularity analysis of water retention and desiccation by needles of ramules cut from accountable fir-trees, growing on sample areas in ecologically clean forest and in conditions of urban pollution are indicated.

For accuracy increase of the analysis of water retention ability of ramule needle samples collected from accountable fir-tree in various geodesic directions, and also evaluation of ecological conditions it is offered to use a criterion - time of full desiccation in needle samples. The needle sample weighing up to the constant room air-dry mass allows to determine water retention cycle time and mean plant sample deliquification rate.

The offered method of ecological territory evaluation by accountable fir-tree needle mass dynamics, besides on an mean sample deliquification rate, allows to reveal tree groups. In the following the evaluation of effects on territory enclosing group of measured accountable fir-trees is executed.

Key words: fir-tree, verticil, ramule, needles, mean deliquification rate, forest and urban territory, ecological evaluation.