

УДК 630\* 581.4

*Е.М. Рунова\*, И.И. Гаврилин*

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ PINUS SYLVESTRIS L. В ЗОНАХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ г. БРАТСКА**

*В статье приведены некоторые морфометрические особенности изучения хвои сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения на примере г. Братска.*

**Ключевые слова:** урбоэкосистема, морфометрические показатели, аэротехногенное загрязнение.

Восстановление и сохранение благоприятного состояния окружающей среды – одна из наиболее актуальных проблем современного общества. Аэротехногенное загрязнение является негативной стороной концентрации промышленных предприятий и автотранспорта на урбанизированных территориях. Последствия загрязнения атмосферы промышленными выбросами проявляются не только в нарушении здоровья людей, но и воздействуют на объекты строительства, памятники архитектуры, несут угрозу целостности и жизнеспособности урбоэкосистем.

Положительное влияние зеленых насаждений на физиологическое и психологическое здоровье населения подтверждается длительными исследованиями ряда отечественных и зарубежных ученых, а деградация городских насаждений, образующих особые природно-антропогенные экологические системы, может оказывать негативное влияние на состояние здоровья населения.

Город Братск находится на севере Иркутской области и является одним из крупных промышленных центров Восточной Сибири. В районе города сконцентрировано большое количество промышленных предприятий, построенных и пущенных в эксплуатацию во второй половине прошлого столетия, часть из них продолжает функционировать. Братский алюминиевый завод (БрАЗ) и Братский лесопромышленный комплекс (БЛПК), одни из крупнейших заводов в России и

Европе, являются не только градообразующими предприятиями, но и крупнейшими поставщиками загрязняющих веществ в окружающую среду, в частности – в атмосферу.

С момента запуска первых производств в районе Братска наблюдается деградация лесных экосистем. Проблемой изучения и устранения причин и последствий этого процесса занимаются многие ученые. В настоящий момент сформирована система мониторинга состояния лесов вокруг г. Братска, установлены границы распространения воздействия выбросов предприятий на лесные экосистемы (радиус от источников загрязнения примерно равен 50 км) и разработаны мероприятия по улучшению экологической обстановки. Однако, при решении проблемы восстановления лесов должного внимания изучению состояния урбоэкосистемы г. Братска уделялось недостаточно.

Район исследования характеризуется резко-континентальным климатом, малым среднегодовым количеством осадков (492 мм), малой годовой суммой положительных температур (1353-1564), высокой амплитудой их колебания (от  $-53,1^{\circ}\text{C}$  в зимнее время до  $+33,1^{\circ}\text{C}$  – в летнее), коротким жарким летом и продолжительной жесткой зимой, обуславливающими короткий период вегетации растений (от 73 до 127 дней.). Данная характеристика, в свою очередь, обусловлена географическим расположением района и соответ-

---

\* - автор, с которым следует вести переписку.

вует условиям произрастания хвойных бореальных лесов. Следовательно, древесной является основным элементом, а насаждения с участием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – одним из наиболее важных элементов в поддержании устойчивости и сохранении функций урбоэкосистемы Братска. Древесная растительность г. Братска представлена совокупностью сохранившихся естественных хвойно-лиственных насаждений и культур.

Расположение жилых районов города проектировалось без учета смены направления преобладающих ветров вследствие создания Братского водохранилища при строительстве Братской ГЭС. Таким образом, при относительно близком прилегании к промышленному узлу (от 3 до 20 км), городские кварталы оказались практически под факелами выбросов алюминиевого завода и лесопромышленного комплекса.

Основными поллютантами атмосферы города, при учете специфики предприятий, по данным гидрометеослужбы (ГМС) являются соединения фтора и диоксид серы, которые при неблагоприятных метеорологических условиях (температурных инверсиях и штилевой погоде) способны накапливаться в атмосфере в количествах, превышающих предельно-допустимые концентрации (ПДК) в десятки раз.

При взаимодействии с атмосферными осадками HF, AlF<sub>3</sub> и SO<sub>2</sub> способны при диссоциации образовывать F<sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, которые при проникновении в растительные организмы непосредственно через поверхность ассимилирующих органов, либо с почвенными растворами через корневую систему, способны вызвать физиологические дисфункции деревьев, что, в свою очередь, отражается на приросте биомассы растений. Так же, как и при проникновении в древесные ткани в растворенном состоянии, фториды и сульфаты при фумигации ассимилирующих органов способны вызывать их угнетение посредством воздействия на органо-

тканевом уровне, вызывая некротические поражения листовой пластины и ингибируя линейный годичный прирост хвои.

Таким образом, исследование линейного прироста хвои разного возраста и ее состояния в зонах слабого, среднего и сильного загрязнения, а так же в условно-чистой зоне, принятой за контрольный участок (контроль), является одним из актуальных методов, отражающих реакцию сосны обыкновенной на воздействие аэротехногенного загрязнения окружающей среды промышленными производствами.

Целью исследования данной работы является изучение экологического состояния *Pinus sylvestris* L., являющейся наиболее важным элементом урбоэкосистемы г. Братска по морфометрическим показателям ассимиляционного аппарата деревьев, в данном случае хвои. Ассимилирующие органы определяют функционирование древесного растения и весьма чувствительны к условиям произрастания. В хвойных сообществах для листового аппарата характерно многолетнее существование. Продолжительность жизни хвои зависит от условий произрастания и возраста деревьев.

Образцы хвои отбирали из верхней третьей части кроны подростов и взрослых деревьев в конце вегетационного периода в различных зонах загрязнения. Поскольку в своем структурном расположении районы города находятся на довольно значительных расстояниях друг от друга, отдельные их участки находятся во всех рассматриваемых зонах загрязнения, в том числе и в контроле. Хвою разбирали по возрастным классам. Эксперимент проводился в трехкратной повторности. При определении морфометрических характеристик хвои ели были проведены измерения фотосинтезирующих органов с точностью до 1 мм. Выборка хвои *Pinus sylvestris* L. составляла по 5000 хвоинок каждого года для каждой зоны загрязнения и контроля с деревьев I и III класса состояния по шкале Крафта.

Результаты исследования представлены на рис. 1.

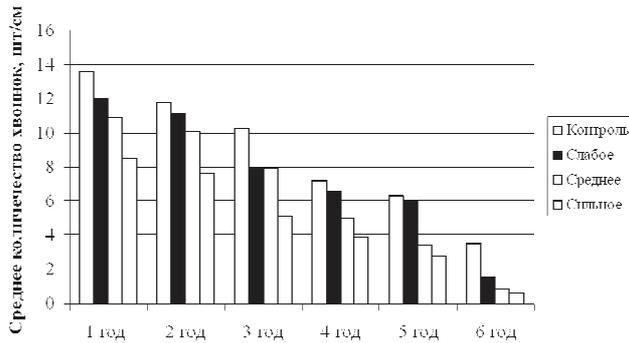


Рис. 1. Количество хвоинок на 1 см побега *Pinus sylvestris* L. в зонах сильного, среднего, слабого загрязнения и контроле, в зависимости от возраста

Как видно из рис. 1, по мере увеличения техногенной нагрузки на урбоэкосистему, у основного ее элемента – деревьев сосны обыкновенной – ингибируется годичный количественный прирост хвои. Также из рисунка следует, что наибольший опад за год происходит у деревьев в контроле на 4 году жизни хвои, в зоне слабого загрязнения – на год раньше, а в зонах среднего и сильного загрязнения хвоя опадает относительно равномерно. Для получения описательных зависимостей с последующей возможностью их применения для создания интегрального показателя при учете других характеристик на рис. 2 показана диаграмма нормализованных значений рассматриваемой величины. В математическом выражении нормализация факторов имеет вид

$$x_i = \frac{x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}, \quad (1)$$

где  $x_i$  – нормализованное значение, приведенное к интервалу [0,1] ряда значений для  $i$ -й зоны загрязнения;  $x_j$  – среднее значение абсолютной величины (количество иголок на 1 см побега).

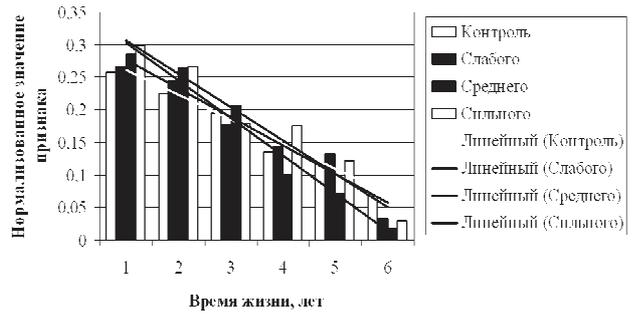


Рис. 2. Зависимость нормализованного значения количественного прироста хвои *Pinus sylvestris* L. от времени жизни

На рис. 2 сплошными линиями показаны тренды, уравнения которых отражают закономерности количественного прироста хвои на побегах сосны обыкновенной.

На данный момент ведутся исследования по связи разноразмерных морфометрических показателей ассимиляционного аппарата и выведению интегрального показателя состояния древесных растений урбоэкосистем промышленных городов в условиях аэротехногенного загрязнения.

Полученные в результате исследований описательные модели зависимости нормализованных показателей количественного прироста хвои в зависимости от времени жизни для контроля, зон слабого, среднего и сильного загрязнения, соответственно имеют вид:

$$y = -0,0378x + 0,2991; \quad y = -0,0438x + 0,3199; \\ y = -0,0579x + 0,3602; \quad y = -0,0512x + 0,3578.$$

Указанные зависимости информативно отражают ухудшение состояния древесных растений урбоэкосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения.