

ФИТОНЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ *PINUS KOCHIANA* И ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.В. Слепых

ФГУ «Научно-исследовательский институт горного лесоводства и экологии леса МПР РФ»,
Кисловодская горно-лесная лаборатория, Россия,
357748 Ставропольский край, г. Кисловодск, ул. Западная, 17, тел./факс (87937) 40817,
E-mail: gorles@narzan.com

Изучалась динамика фитонцидной активности сосны Коха (*Pinus kochiana* Klotzsch ex C. Koch) в зависимости от возраста насаждений и ряда факторов окружающей среды. Установлена связь фитонцидной активности со скоростью ветра, атмосферным давлением, влажностью и ионизацией воздуха. Полученные эмпирические модели регрессии позволяют прогнозировать фитонцидную активность сосны Коха в зависимости от состояния данных экологических факторов.

Введение. Общая площадь лесов Земли составляет 3,442 млрд га, а с учетом прочих покрытых лесом земель - 5,120 млрд га (Филипчук, 1999). Нижний порог величины ежегодного продуцирования лесами в атмосферу летучих метаболитов определен в 1550 Мт с возможной верхней границей около 5900 Мт/год (Исидоров, 1994). В силу своей высокой реакционной способности и величины эмиссии эти соединения имеют для биосферы глобальное значение. Достаточно сказать, что они оказывают значительное влияние на формирование радиационного режима атмосферы и подстилающей поверхности, режима осадкообразования и, следовательно, климата планеты (Исидоров, 1992; 1994).

В то же время фитоорганический фон парковых насаждений и рекреационных лесов курортных регионов рассматривается в настоящее время в качестве самостоятельного курортного ресурса (Гейхман, 1986; Акимов и др., 1987; Макаручук и др., 1990; Слепых, Терре, 2002).

В следствие этих обстоятельств изучение фитонцидной активности насаждений и её динамики под воздействием различных природных факторов приобретает существенное значение.

Объекты и методы исследования. Сосна Коха (*Pinus kochiana* Klotzsch ex C. Koch) является лесобразующей древесной породой региона Кавказские Минеральные Воды. Исследования проводились в искусственных насаждениях сосны Коха двадцати- и столетнего возраста, произрастающих в северо-западной части Джинальского хребта в районе г. Кисловодска Ставропольского края.

Ниже представлены фитоценологические описания опытных участков.

Опытный участок № 3 (Сосна Коха, 100 лет). Участок площадью 15 га занимает склон северо-западной экспозиции крутизной 10-15°. Высота над уровнем моря - 879 м. Микрорельеф участка выражен слабо, имеются западины плавно переходящие в повышения с разностями высот около 1 м. В фитоценозе выделяются вертикальные синузлы древостоя сосны и травяного покрова. Насаждение имеет вид естественного с неравномерным распределением деревьев по площади. Стволы хорошо очищены от сучьев. Протяженность кроны составляет 1/3 высоты ствола, степень охвоения средняя. Дифференциация деревьев по размерам невелика, отсутствует тонкомерная часть древостоя. Подрост сосны редкий, групповой, высотой до 1,0 м, благонадежный. Подрост ясеня (*Fraxinus* L.), вяза (*Ulmus* L.), акации (*Robinia* L.), липы (*Tilia* L.), клена полевого (*Acer campestre* L.) и остролистного (*Acer platanoides* L.) высотой 1,0-2,0 м и более распространен неравномерно, благонадежен. Общее количество подроста - 5,0 тыс. шт./га. Подлесок в нижней части участка имеет сомкнутость 0,1-0,2 с обилием видов по шкале Друде: бузина (*Sambucus* L.) - сол. - сп., шиповник (*Rosa* L.) - сол. В верхней части участка подлесок более густой, сомкнутостью 0,4-0,5. Кроме указанных видов, лещина (*Corylus avellana* L.) - сп., крушина ломкая (*Fragula alnus* Mill.) - сол. Напочвенный покров образует хорошо выраженный ярус с общим проективным покрытием почвы 100 %, за исключением троп, где покров отсутствует. Площадь, занятая тропинками, составляет около 3 %. В верхнем ярусе покрова - малина (*Rubus* L.) - сп., высота 1,0-1,5 м, проективное покрытие 20 %. Доминанты травяного покрова - злаки: пырей средний (*Agropyron intermedium* (Hoch.) Beauv.) - сор.¹, ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) - сол., бор развесистый (*Milium effusum* L.) - сол. Произрастают также виды: фиалка приятная (*Viola suavis* Bieb.) - сол., мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) - сп., бородавник (*Lapsana communis* L.) - сп., гравилат городской (*Geum urbanum* L.) - сп., лютик едкий (*Ranunculus acer auct* L.) - сол., купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.) - сол., земляника съедобная (*Fragaria vesca* L.). Внеярусная растительность представлена клематисом виноградолистным (*Clematis vitalba* L.) - сор.¹, пасленом сладко-горьким (*Solanum dulcamara* L.) - сол. Почва - деградированный чернозем.

Опытный участок № 4 (Сосна Коха, 20 лет) расположен в средней части юго-восточного склона крутизной 10° на высоте 850 м над уровнем моря. В древесном пологе - сосна Коха. Подрост - благонадежен, в количестве 1 тыс. шт./га, высотой до 1,0 м, представлен орехом грецким (*Juglans regia* L.), явором (*Acer pseudoplatanus* L.), ясенем обыкновенным (*Fraxinus excelsior* L.), дубом (*Quercus* L.), вязом шершавым (*Ulmus scabra* Mill.). Подлесок из единичных экземпляров барбариса обыкновенного (*Berberis vulgaris* L.). Травяной покров под пологом древостоя в связи со значительным затенением яруса не образуется. На поляне площадью 30 м² внутри древостоя покров состоит из двух ярусов: первый - из высокотравья, высотой до 2,0 м, второй - высотой 0,5 м. Общее проективное покрытие почвы под пологом древостоя - 10 %. Видовой состав: овсяница желобчатая (*Festuca sulcata* (Hack.) Nym.) - сп., молочай блестящий (*Euphorbia lucida* W.K.) - сп., пырей средний - сп., купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.) - сол., одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) - сол., клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) - сол., вязель разноцветный (*Coronilla varia* L.) - сол., подмаренник (*Galium articulatum* Lam.) - сол. Проективное покрытие первого яруса травяного покрова поляны внутри опытного участка - 10, второго - 100 %. В первом ярусе - сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) - сп.; мята длиннолистная (*Mentha longifolia* L.) - сп.; василек шпиковый (*Centaurea apiculata* Ledeb.) - сол. Во втором ярусе: бор развесистый (*Milium effusum* L.) - сор.²; пырей средний - сор.²; мятлик луговой - сор.²; перловник поникший (*Melica nutans* L.) - сор.²; короставник татарский (*Knautia montana* Bieb.) - сп.; земляника съедобная - сол.; клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) - сол., шалфей луговой (*Salvia pratensis* L.) - сол., вероника колосистая (*Veronica spicata* L.) - сол. Почва - чернозем деградированный.

Таксационные показатели древостоев опытных участков представлены в таблице 1.

Таблица - 1 Таксационные показатели опытных древостоев

Преобладающая порода	Состав древостоя	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота	Количество деревьев, шт./га	Древесный запас, м ³ /га	Тип условий произрастания
Сосна Коха (<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch ex C. Koch)	10С	100	20,7	33,3	3	0,8	394	328	Д ₃
Сосна Коха (<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch ex C. Koch)	10С	20	6,0	7,0	2	1,0	6000	80	Д ₂

Закладка пробных площадей и проведение на них лесотаксационных работ осуществлялись в соответствии с положениями Отраслевого стандарта (Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки, 1983).

С целью изучения фитонцидной активности древесных пород за основу был взят метод Б.П. Токина (1974). В качестве тест-культуры использовался *Staphylococcus aureus* 209p. Штамм микроорганизма, использованный в работе, типичен по морфологическим, культуральным и биохимическим свойствам. Выбор *S. aureus* 209p в качестве тест-культуры обусловлен тем, что он, являясь патогенным для человека, служит в санитарной практике микроорганизмом-индикатором при санитарно-микробиологической оценке объектов окружающей среды. Фитонцидную активность древесных пород определяли по степени угнетения тест-культуры (%). Количество колоний, выросших в контрольных чашках Петри (без растительной навески), соответствует 100% роста тест-культуры, или 0% ее угнетения. В чашках с растительной навеской (4 г) подсчитывается количество выросших колоний и относительно контроля определяется степень угнетения тест-культуры или полное отсутствие роста - 100% угнетение.

Высев на поверхность питательной среды заданного количества микробных клеток производился общепринятым методом (Практикум по микробиологии, 1976). Разведения делали в стерильном 0,5% водном растворе NaCl. Плотность исходной суспензии выбирали эквивалентно стандарту мутности на 5 единиц. Количество микроорганизмов в 1 мл исходной суспензии $135,0 \pm 13,75 \times 10^6$. Коэффициент разведения 50. Количество разведений 3. Коэффициент разведения при высеве на чашку Петри – 5. Количество колониеобразующих единиц в одной чашке Петри 216 ± 22 . Стафилококк выращивали на мясо-пептонном агаре с 6% содержанием NaCl при температуре 37°C ; pH 7,3.

Растительный материал отбирали в период с 12 до 14 часов в течение июля - августа в различных частях кроны у нескольких деревьев данной породы. Во время отбора хвои для исследования производились метеорологические измерения. Метеорологические параметры измерялись в центральной части опытного участка под пологом древостоя и на его опушке. В программу метеорологических наблюдений были включены определения температуры, влажности, давления воздуха, скорости и направления ветра, а также освещенности опытных участков.

Температура (t, °C), абсолютная (e, гПа) и относительная (f, %) влажность воздуха определялись с помощью аспирационного психрометра с использованием Психрометрических таблиц (1981).

Давление воздуха (p, мб) измерялось на биоклиматической станции с помощью ртутного барометра.

Скорость ветра (V, м/с) определялась с помощью ручного анемометра МС-13, закрепленного на штативе на высоте 1,5 м от поверхности земли. Направление ветра отмечалось визуально.

Освещенность (E, кЛк) определялась люксметром Ю-116 непосредственно под пологом и у стены древостоя в десятикратной повторности с интервалом в 1 минуту на расстоянии 5 м от предыдущей точки измерения.

Концентрацию легких аэроионов определяли под пологом и у опушек парковых насаждений с помощью портативного аэроионметра АИ-1М. В каждом месте исследований проводилась серия (5 отсчетов) измерений концентрации положительных (N^+) и отрицательных (N^-) легких ионов. Затем находились средние величины концентраций, определялась их сумма (N^{+-}) и вычислялся коэффициент униполярности легких ионов (КУИ), представляющий собой отношение концентрации положительных легких ионов к концентрации отрицательных легких ионов (N^+ / N^-). Коэффициент униполярности (КУИ) является интегрирующим показателем ионизации приземного воздуха.

Статистическая обработка экспериментального материала осуществлена с помощью компьютерной программы STATISTIKA 6.0 (Stat Soft) (Боровиков, 2001).

Результаты и обсуждение. Опыты по определению фитонцидной активности сосны Коха проводились синхронно на обоих опытных участках с одновременным определением значений метеорологических показателей на опушке и под пологом древостоев. В таблице 2 приведены средние значения основных метеорологических, обеспечивающих жизнедеятельность и метаболическую активность растительных организмов (Полевой, 1989; Слепых, 2004).

Таблица 2 – Фитонцидная активность сосны Коха и метеорологические условия опытных участков

Насаждение	Фитонцидная активность, %	Температура воздуха, °C		Влажность воздуха, гПа		Освещенность, кЛк	
		опушка	полог	опушка	полог	опушка	полог
Сосна Коха, 20 лет	27	24,7	24,2	15,7	14,3	7,87	17,86
Сосна Коха, 100 лет	26	25,8	23,9	16,1	14,4	7,46	9,73

В результате эксперимента установлено, что фитонцидная активность сосны Коха двадцати- и столетнего возраста имеет практически одинаковые значения: 27 и 26 % угнетения тест-культуры соответственно. Метеоусловия опытных участков в период проведения опытов не отличались существенно друг от друга. Исключение составляют условия освещенности подпологового пространства древостоев, поскольку в насаждении двадцатилетней сосны имеется прогалина, влияющая на режим освещенности. Однако на динамику фитонцидной активности древостоя влияет не столько микроклимат под пологом насаждения, сколько общая метеорологическая обстановка (Слепых, 1986; 1988; 2004). Следует отметить, что различие опытных участков проявляется также в условиях произрастания исследуемых насаждений. Опытные участки расположены в ста метрах друг от друга в верхней части горы. Однако насаждение двадцатилетней сосны произрастает на склоне юго-восточной экспозиции (тип условий произрастания – Д₂), а участок столетней сосны покрывает склон северо-западной экспозиции с более влажными условиями произрастания – Д₃. Несмотря на это фитонцидная активность сосны Коха разного возраста практически одинакова, что позволяет предположить преобладающее значение видовой принадлежности объектов исследования над их возрастом и условиями произрастания. Различия в уровне фитонцидной активности сосны Коха двадцати и ста лет статистически незначительны при любом уровне значимости: $t = 0,35 < t_{0,05} = 2,01$. В связи с этим при дальнейших статистических расчетах эти ряды экспериментальных данных объединены в единый ряд. В результате дальнейших исследований установлена зависимость фитонцидной активности сосны Коха с рядом природных факторов: скоростью ветра (V, м/с), абсолютной влажностью воздуха (e, гПа), атмосферным давлением (p, мб), ионизацией воздуха (КУИ). Полученные эмпирические модели представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Модели фитонцидной активности сосны Коха в зависимости от состояния факторов окружающей среды под пологом насаждения

№ п/п	Факторы окружающей среды	Уравнения регрессии фитонцидной активности сосны Коха (y) в зависимости от значений факторов окружающей среды	Коэффициент корреляции, (R)	Значимость, (p)	Фиксированные значения факторов окружающей среды
1	Скорость ветра (V, м/с)	$y = 18,3267507 + 17,6371403V - 3,1856231V^2$	0,39	0,023205	0,00–1,80
2	Давление воздуха (p)	$y = 1202159,75 - 2632,3551p + 1,44103230p^2$	0,56	0,000169	907,50–916,10

	мб)				
3	Абсолютная влажность воздуха (ε, гПа)	$y = -16,761829 + 8,94838620e-0,37311959e^2$	0,49	0,003376	7,70–20,50
4	Ионизация воздуха (х, КУИ)	$y = -54,144572 + 106,926816x - 32,372771x^2$	0,48	0,006436	0,81–2,28

Коэффициенты корреляции (R) парной связи фитонцидной активности сосны Коха с приведенными факторами среды имеют невысокие значения: 0,39–0,56. Вместе с тем показатели значимости связи (p) не превышают уровня значимости 4%, что говорит о достаточно высокой достоверности этих эмпирических моделей (табл. 3).

Скорость ветра под пологом древостоя изменяется незначительно, поэтому фиксированные значения скорости ветра имеют в опыте ограниченную амплитуду (табл. 3; рис. 1).

Фитонцидная активность сосны плавно нарастает в интервале фиксированных значений скорости ветра от 0,0 до 1,8 м/с. Судя по конфигурации теоретической линии регрессии, пик фитонцидной активности сосны находится за пределами фиксированного интервала значений скорости ветра. Теоретически максимум фитонцидной активности (43 %) проявляется при скорости ветра 3,0 м/с. Исходя из параболического характера регрессии, можно предположить, что при значительной силе ветра ожидается снижение фитонцидной активности растения до полного прекращения процесса выделения летучих фитонцидов. Эта закономерность физиологически объяснима. При усилении силы ветра от нуля до нескольких метров в секунду пропорционально увеличивается транспирация хвоей влаги и с ней выброс в атмосферу летучих фитонцидов. Эфиромасличные железки у хвойных растений, а у лиственных – устьица постепенно раскрываются. При определенной силе ветра транспирация достигает максимальных значений. Дальнейшее усиление ветра оказывает на ассимиляционный аппарат растения стрессовое воздействие, в результате чего железки (устьица) закрываются, выброс летучих фитонцидов сокращается и в конечном итоге сходит на нет.

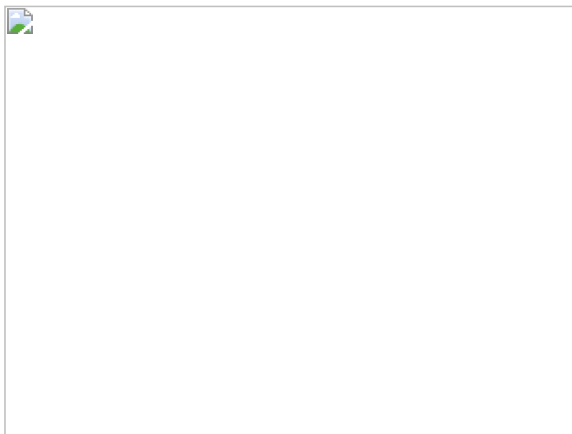


Рисунок 1. Динамика фитонцидной активности сосны Коха в зависимости от скорости ветра под пологом насаждения

Прекращение процесса выделения летучих фитонцидов сосной Коха наблюдается при скорости ветра около 6,4 м/с, что легко вычисляется по приведенному в таблице 2 эмпирическому уравнению.

Вместе с тем, по-видимому, нельзя отождествлять динамику фитонцидной (антимикробной) активности высших растений с интенсивностью эмиссии в окружающую среду валовой летучей органики этими же растениями. Поскольку антимикробный эффект может быть обусловлен биологически активным компонентом, находящимся в минимуме в общей массе выделяемых летучих органических веществ. Особенно выраженной токсичностью отличаются монотерпены: 3-карен, сабинен и туйен, присутствующие в летучих соединениях, голосеменных растений, в частности представителей семейства кипарисовые (Исидоров, 1994). Следует отметить, что 3-карен является в то же время одним из основных компонентов летучих метаболитов сосны Коха (Слепых, 2004).

Динамика фитонцидной активности сосны Коха в зависимости от величины атмосферного давления отвечает свойствам перевернутой квадратической параболы (рис. 2).

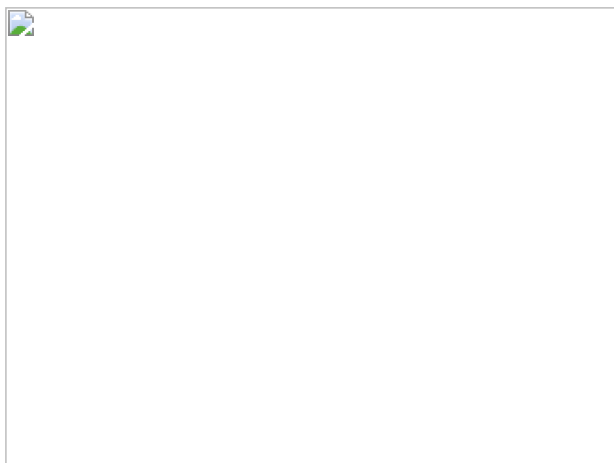


Рисунок 2. Динамика фитонцидной активности сосны Коха под влиянием атмосферного давления

Максимальные значения фитонцидной активности сосны (69 %) отмечаются при атмосферном давлении 907,5 мб. С повышением давления до 913,5 мб фитонцидность падает до 19 % и снова возрастает до 29 % с дальнейшим увеличением давления до 916 мб. Динамика фитонцидной активности сосны укладывается в незначительный интервал фиксированных значений атмосферного давления: 907,5 – 916,1 мб. Особенностью данной регрессии является то, что теоретическая кривая регрессии фитонцидной активности не имеет нулевой отметки.

Влажность воздуха наряду с его температурой и общей освещенностью является одним из определяющих фитонцидную активность древесных пород природным фактором (Слепых, 1986; 1988; 2004). Максимальная фитонцидная активность сосны Коха (37 %) отмечается при значении абсолютной влажности воздуха 12 гПа (рис. 3).

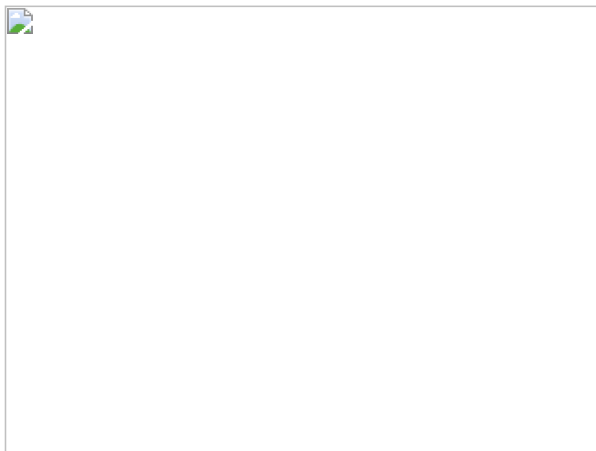


Рисунок 3. Динамика фитонцидной активности сосны Коха под влиянием влажности воздуха под пологом насаждения

Фиксированный экспериментом интервал значений влажности воздуха: 7,7 – 20,5 гПа. Имея параболическую форму, теоретическая кривая регрессии позволяет определить нулевое падение фитонцидной активности сосны Коха при минимальном (2,0 гПа) и максимальном (22,0 гПа) значениях абсолютной влажности воздуха. Прекращение выделения летучих фитонцидов в этих условиях связано, по-видимому, с приспособительной реакцией растительного организма к экстремально низкому и высокому содержанию влаги в воздухе, влияющему на метаболическую активность растения.

К настоящему времени разными исследователями собрано достаточно сведений, указывающих на связь ионизации воздуха насаждений с выделением ими в окружающую среду летучих фитонцидов (Власюк, 1970; Ханбеков и др., 1980; Дмитриев, 1981; Дмитриев и др., 1984; Григорьева и др., 1989). Ионизация воздуха насаждений осуществляется по причине высокой реакционной способности летучих фитонцидов, выделяемых древесной растительностью. В настоящем эксперименте установлена обратная связь влияния ионизации воздуха насаждения сосны Коха на его фитонцидную активность (табл. 3; рис. 4).

В пределах фиксированных экспериментом значений график демонстрирует увеличение фитонцидной активности сосны с 12 до 34 % при росте КУИ с 0,81 до 1,65 единиц. При дальнейшем увеличении КУИ фитонцидная активность сосны снижается, составляя при 2,28 единиц КУИ 22%. Учитывая параболический характер регрессии модели, теоретический минимум фитонцидной активности (0 % угнетения тест-культуры) соответствует минимальным (КУИ 0,62) и максимальным (КУИ = 2,68) значениям ионизации воздуха. В пределах значений КУИ 0,62–1,65 единиц фитонцидная активность сосны возрастает параболически пропорционально росту этого показателя. С увеличением значений КУИ воздуха в нем увеличивается концентрация положительных легких ионов и соответственно уменьшается содержание легких отрицательных ионов, что свидетельствует о загрязнении воздуха выбросами антропогенного или природного происхождения.

Из этого следует, что фитонцидная активность соснового насаждения увеличивается пропорционально росту загрязнения приземного воздушного пространства, достигая максимума (34 %) при КУИ = 1,65. При дальнейшем загрязнении воздуха фитонцидность снижается, достигая нулевого значения при максимальной в данных условиях загрязненности воздуха, уровень которой характеризует КУИ = 2,68. Таким образом, наблюдается параболическая зависимость фитонцидной активности сосны от степени загрязнения приземного атмосферного воздуха, индикатором которого является его ионизация.

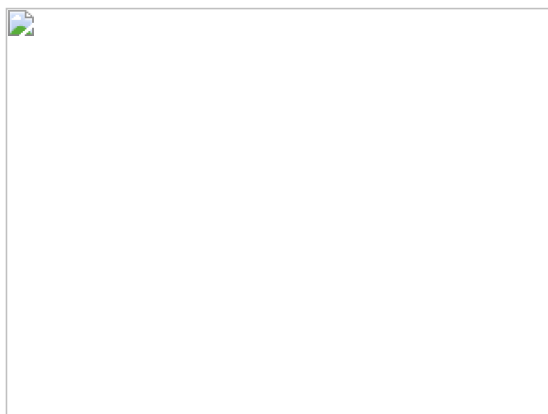


Рисунок 4. Зависимость фитонцидной активности сосны Коха от ионизации воздуха (КУИ) под пологом насаждения

Данное наблюдение согласуется с результатами исследований ряда авторов, отмечавших усиление фитонцидной активности древесных растений при воздействии загрязнителей, содержащихся в воздушной среде.

В.В. Протопопов (1975); Протопопов В.В. и Черняева Г.Н. (1980) указывали на увеличение фитонцидной активности тополя бальзамического, вяза, клена ясенелистного, яблони и других древесных пород в условиях значительного загрязнения окружающей среды.

Р.И. Томчук и соавторы (1976) установили, что антимикробная активность листьев тополя пирамидального, хвои лиственницы сибирской двадцатилетнего возраста по отношению к *Staphylococcus alba* и *aureus* в результате воздействия газами ТЭЦ, в зоне которой они произрастали,

вызывали усиление антимикробного действия по сравнению с контролем. Летучие фитонциды трехлетних растений лиственницы, обработанных сернистым ангидридом, подавляли рост *S. aureus* на 17,8%, *S. alba* на 99,3% (контроль – 6,3% и 76,2% соответственно).

Bucher I.B. (1984) рассматривал летучие вещества, в частности монотерпены, выделяемые растениями, в качестве биологических индикаторов, быстро указывающих на загрязнение воздуха. Снижение фитонцидной активности соснового насаждения при КУИ > 1,65 до нулевых значений при КУИ = 2,68 объясняется стрессовым действием химического загрязнения приземного воздуха, индикатором которого является его ионизация.

Вместе с тем следует иметь в виду возможность непосредственного физического влияния ионизированного воздуха на организм растения с активизацией или угнетением его метаболических функций.

В описываемом опыте регрессия фитонцидной активности сосны Коха осуществляется в интервале фиксированных значений ионизации воздуха под пологом насаждения, соответствующем величине КУИ ((N^+ / N^-)) 0,81–2,28 единиц, что отвечает в целом параметрам благоприятных для организма человека медико-климатических условий окружающей среды: нижняя граница КУИ = < 1,2, верхняя - не более 2,2 (Поволоцкая и др., 2000).

В естественных условиях изолированного влияния отдельного природного фактора на биологический объект не существует. Факторы окружающей среды оказывают на растения совместное действие, взаимно влияя друг на друга. В результате анализа данных получена эмпирическая модель множественной регрессии фитонцидной активности сосны Коха в зависимости от состояния рассмотренных выше природных факторов:

$$Y = 1258389,04 - 14,801617V + 10,1440080V^2 + 1,98029709E - 0,12674768E^2 + 93,4281393X - 32,278838X^2 - 2756,9102P + 1,50993147P^2$$

$$R = 0,67; \quad p = 0,02322;$$

где R – коэффициент множественной корреляции; p – значимость; Y – фитонцидная активность сосны Коха, %; V – скорость ветра, м/с; E – влажность воздуха, гПа; X – ионизация воздуха (КУИ); P – давление воздуха, мб.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено следующее.

Фитонцидная активность сосны Коха существенного не различается для насаждений в возрасте двадцати и ста лет.

Полученные модели парной и множественной регрессии позволяют прогнозировать фитонцидную активность сосны Коха в зависимости от скорости ветра под пологом насаждения, величины атмосферного давления, значений влажности и ионизации приземного воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

Акимов Ю.А., Остапчук И.Ф., Захаренко Г.С. Методические рекомендации по применению местных и интродуцированных пород в санаторных парках Южного Берега Крыма. – Ялта: Изд-во Никитск. ботан. сада, 1987. – 31с.

Боровиков В. СТАТИСТИКА : искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.

Власюк В.Н. Фитонцидные и ионизационные свойства основных древесных пород зеленой зоны г. Москвы : Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – М., 1970. – 21с.

Гейхман Л.З. Аэрофитотерапия. – Киев: Здоров'я, 1986. – 128 с.

Григорьева С.О., Молчанов С.В., Иванова Е.Ю. Аэроионизация в лесу // Лесоводственные способы формирования и оценки насаждений эксплуатационного и рекреационного назначения // Под ред. А.Н. Мартынова. – Л., 1989. – С. 133-139.

Дмитриев М.Т. Бактерицидные свойства воздуха в связи с учением о фитонцидах // Фитонциды. Роль в биогеоценозах, значение для медицины // Матер. VIII совещания. – Киев: Наук. дум., 1981. – С. 65-73.

Дмитриев М.Т., Захарченко М.П., Степанов Э.В., Виснапу Л.Ю. Влияние фитонцидов на ионизацию воздуха // Гигиена и санитария. -1984. – №8. – С. 82-83.

Исидоров В.А. Летучие выделения растений. – СПб: «Алга-Фонд», 1994. – 188 с.

Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. – СПб: Химия, 1992. – 288 с.

Макарчук Н.М., Лещинская Я.С., Акимов Ю.А. и др. Фитонциды в медицине. – Киев Наук. думка, 1990. – 216 с.

Поволоцкая Н.П., Кортунова З.В., Скляр А.П., Байчорова Л.Х. Биоклиматический мониторинг и методика оценки климато-курортнологического потенциала лечебно-оздоровительных местностей Северного Кавказа // Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов // Сб. докл. Второй Междунар. конф., 8-14 октября 2000. -Кисловодск.

Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.

Практикум по микробиологии // Пименова М.Н., Трегушкина Н.Н., Козлов Е.И. и др./ Под ред. Егорова Н.С. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 307 с.

Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. ОСТ 56-69-83. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. – 60 с.

Протопопов В.В. Средообразующая роль леса. – Новосибирск: Наука, 1975. – 380 с.

Протопопов В.В., Черняева Г.Н. Основные перспективы направления изучения фитонцидных свойств леса // Фитонциды. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 136-139.

Психрометрические таблицы. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 270 с.

Слепых В.В. Влияние метеорологических условий на фитонцидность деревьев и кустарников // Лесн. хоз-во. – 1986. – № 9. – С. 29-31.

Слепых В.В. Летучие метаболиты древесных растений // Лесохозяйственная информация. – 2004. – № 10. – С. 29-35.

Слепых В.В. Природные и антропогенные факторы и фитонцидная активность древесных пород // Лесн. хоз-во. – 2004. – № 6. – С.17-19.

Слепых В.В., Терре Н.И. Состав, антимикробные свойства и механизм действия летучих фитоорганических веществ растений // Биоклиматические особенности и фитонцидные свойства растительных ассоциаций Кисловодского курортного парка. Пособие для врачей, - Пятигорск: ГНИИ курортологии МЗ РФ, 2002. – С.16-21.

Слепых В.В. Фитонцидность лесных фитоценозов и погодные условия // Экология. – 1988. – № 4. – С. 10-14.

Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 343 с.

Томчук Р.И., Спахова А.С., Коновалова В.Н. О влиянии загазованности воздуха на антимикробную активность древесных растений // Проблемы аллелопатии. – Киев: Наукова думка, 1976. – С. 24-25

Филипчук А.Н. Лесные ресурсы Земли // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 6. – С. 15-17.

Ханбеков И.И., Недведский Н.А., Власюк В.Н., Ханбеков Р.И. Влияние леса на окружающую среду. – М.: Лесная пром-ть, 1980. – 136 с.

Bucher I.B. Emissions of volatiles from plants under air pollution stress. «Gaseous Air Pollutants and Plant Metab.» London e. a., 1984, 399-412 (англ.).

METABOLIC ACTIVITY *PINUS KOCHIANA* AND FACTORS OF THE ENVIRONMENT

V.V. Slepых

Dynamics of metabolic activity of a pine of Koch (*Pinus kochiana* Klotzsch ex C. Koch) was studied depending on age of plantings and of some ecological conditions. Communication of metabolic activity with speed of a wind, atmospheric pressure, humidity and ionization of air is established. The received empirical models of regress allow to predict metabolic activity of a pine of Koch depending on a condition of the given ecological factors.