

ВОЗРАСТНЫЕ КРИВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ШИРИНЫ ГОДИЧНОГО КОЛЬЦА У ЕЛИ С ВОЗРАСТОМ

The governing laws of change of width of a year ring at a spruce with the years depending on soil-ground conditions are brought. The received age curves are similar under the form and are characterized by significant reduction within the limits of from 10 till 40 years. The mutual spatial arrangement of age curves corresponds to productivity of forest stands. Spatial position of age curve spruce groves of the identical productivity growing in conditions of surplus or lack of a moisture does not differ, that testifies that both surplus, and lack of a moisture of a zone of rhizosphere render identical influence on formation of a radial increment of trees. Obtained data can be used for an estimation and the forecast of change of productivity of spruce groves at anthropogenous infringement of soil-ground conditions.

Введение. В настоящее время тенденция изменения ширины годичных колец ели с возрастом общеизвестна, однако неизвестными остаются абсолютные численные значения, которые бы ее характеризовали.

Изучение связи радиального прироста ельников с возрастом является весьма трудоемкой задачей, что обуславливается как изменчивостью климатических условий в различные годы, так и экологическими особенностями ели как породы, в частности ее высокой теневыносливостью. Как выяснилось в ходе исследований, в спелых еловых насаждениях возраст наиболее крупных деревьев, характеризующихся близкими по величине диаметрами ствола, варьирует в достаточно широких пределах. Это свидетельствует о том, что некоторые из крупнейших деревьев ели появились и некоторое время развивались в подчиненных ярусах, сохраняя при этом незначительные темпы радиального прироста. Поэтому для построения достоверных моделей изменения ширины годичных колец с возрастом мы сочли более целесообразным изучать радиальный прирост не совокупности деревьев, относящихся к определенному классу роста, а отдельных деревьев, которые сохраня-

ли господствующее положение в верхнем ярусе на протяжении всего периода роста.

Основная часть. Для описания зависимости радиального прироста от возраста применяется ряд приемов [1]. Нами для этой цели использована степенная функция вида $y = ax^b$ (где y – ширина годичного кольца, мм; x – возраст ели, лет; a и b – статистические коэффициенты).

Для построения регрессионных уравнений возрастных кривых нами исследовался радиальный прирост 429 деревьев на 86 пробных площадях. Возрастные кривые строились отдельно для еловых фитоценозов, относящихся, согласно эколого-флористической классификации [2], к одной группе и, следовательно, произрастающих в однородных эдафических условиях. Для установления значений коэффициентов a и b использованы показатели ширины годичного кольца в определенном возрасте для ельников 3-й группы насаждений (III бонитет) – по 2 пробным площадям, 4-й (II бонитет) – по 5, 5-й (I бонитет) – по 10, 6-й (Ia бонитет) – по 11, 6-й (Iб бонитет) – по 4, 7-й (Ia бонитет) – по 9, 7-й (I бонитет) – по 7 и 8-й (II бонитет) – по 4 пробным площадям. Параметры регрессионных уравнений связи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика регрессионных уравнений изменения ширины годичного кольца у ели с возрастом в различных почвенно-грунтовых условиях

| Бонитет | Группа насаждений | Параметры | | Значения коэффициентов | | Достоверность аппроксимации (R^2) |
|---------|-------------------|-----------|-----------|------------------------|---------|---------------------------------------|
| | | x | y | a | b | |
| III | 3 | 93 | 2,94–0,99 | 9,0024 | –0,4866 | 0,24 |
| II | 4 | 108 | 3,45–1,00 | 11,476 | –0,5218 | 0,34 |
| | 8 | 77 | 3,23–1,22 | 9,6479 | –0,4758 | 0,24 |
| I | 5 | 120 | 4,90–1,04 | 20,596 | –0,6233 | 0,54 |
| | 7 | 87 | 5,25–1,24 | 24,468 | –0,6685 | 0,42 |
| Ia | 6 | 75 | 6,87–1,47 | 40,007 | –0,7651 | 0,49 |
| | 7 | 80 | 5,81–1,46 | 26,879 | –0,6647 | 0,44 |
| Iб | 6 | 76 | 7,20–1,74 | 36,033 | –0,6996 | 0,47 |

Невысокие значения достоверности аппроксимации (R^2) уравнений связи свидетельствуют о значительном влиянии на текущий радиальный прирост помимо возраста комплекса других факторов. Основными из них являются климатические факторы, эдафические условия, а также факторы лесобиологического характера (полнота древостоя и пр.). Тем не менее построенные уравнения достоверны, поскольку $F_{\text{факт}} > F_{99,9\%}$.

Как известно, условия местопроизрастания оказывают незначительное влияние на форму возрастной кривой и величину снижения прироста с возрастом, поэтому при определении темпов снижения ширины годичного кольца влиянием климатических и прочих факторов можно пренебречь [3].

Полученные кривые зависимости ширины годичных колец от возраста аналогичны по форме и характеризуются значительным снижением в пределах от 10 до 40 лет.

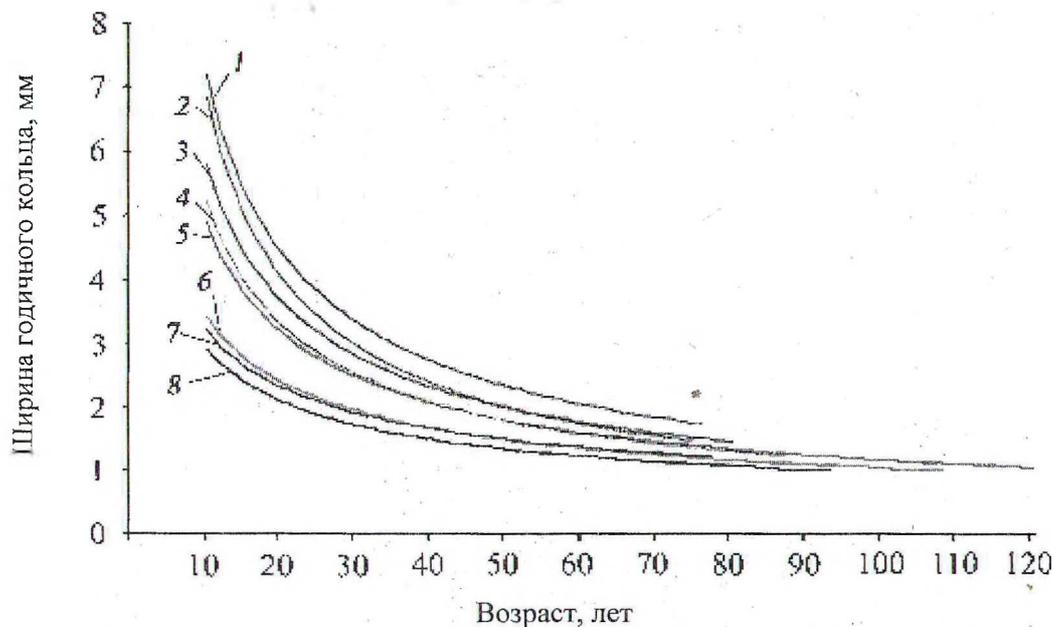
Наиболее сильное снижение радиального прироста на протяжении всего периода роста наблюдается в ельниках наивысшей продуктивности, формирующихся в условиях, близким к оптимальным (см. рисунок). Наиболее продуктивные ельники 6-й группы снижают радиальный прирост в период 10–40 лет на максимальную величину (63,8%). Несколько уступающие им в продуктивности еловые древостои 7-й группы характеризуются уменьшением ширины

годового кольца в указанный период, равным 60,3%. Для ельников 4-й и 5-й групп данный показатель составляет соответственно 51,5 и 57,9%. Наименьшее падение радиального прироста в период 10–40 лет наблюдается в ельниках 3-й (49,1%) и 8-й групп (48,3%).

Уже в следующий период такой же длительности (40–70 лет) величина годового кольца в ельниках 6-й группы снижается только на 33,6%, 7-й – на 31,2%, 5-й – на 29,4%, 4-й – на 25,3%, 8-й – на 23,4% и 3-й – на 23,8%.

Выявленная закономерность уменьшения темпов радиального прироста, по-видимому, обуславливается тем, что ельники, произрастающие в более благоприятных почвенно-грунтовых условиях, быстрее формируют большие запасы древостоя, фитомассу хвои и кроны. Соответственно, лимитирующие рост факторы (количество выпадающих атмосферных осадков, запас продуктивной влаги в почве и пр.) начинают оказывать на них влияние в более раннем возрасте, что проявляется в более интенсивном снижении прироста по диаметру.

При идентичности возрастных кривых по форме и характеру снижения прироста их взаимное пространственное расположение соответствует продуктивности древостоев. Чем лучше условия, тем больше ширина годичных колец у деревьев и, соответственно, возрастная кривая располагается выше.



1 – 6-я группа (Iб бонитет); 2 – 6-я группа (Iа бонитет); 3 – 7-я группа (Iа бонитет);
4 – 7-я группа (I бонитет); 5 – 5-я группа (I бонитет); 6 – 4-я группа (II бонитет);
7 – 8-я группа (II бонитет); 8 – 3-я группа (III бонитет)

Рисунок. Изменение ширины годичного кольца с возрастом в еловых фитоценозах различной продуктивности древесного яруса

Кривая, характеризующая изменение радиального прироста с возрастом наиболее продуктивных еловых древостоев Iб бонитета, находится выше всех, что свидетельствует о том, что наиболее благоприятными с точки зрения формирования прироста по диаметру для выращивания ели являются автоморфные почвы с достаточно мощным корнеобитаемым слоем и высоким содержанием частиц физической глины.

Несколько ниже расположены возрастные кривые древостоев Ia класса бонитета (относящихся к 6-й и 7-й группам насаждений). Анализируя их взаимное пространственное размещение, можно отметить, что ельники 6-й группы насаждений, произрастающие на автоморфных почвах, имеют больший радиальный прирост приблизительно до 50-летнего возраста. По достижении данного возраста максимальный прирост наблюдается в ельниках, относящихся к 7-й группе насаждений. Данный факт, по видимому, объясняется тем, что на автоморфных почвах, где единственным источником поступления влаги являются атмосферные осадки, еловые древостои по достижении определенного возраста начинают испытывать хронический недостаток влаги, что снижает величину радиального прироста и увеличивает темпы его снижения. Ельники, формирующиеся на полугидроморфных почвах, где корням деревьев доступна влага грунтовых вод, испытывают дефицит влаги лишь в случае резкого снижения их уровня, а потому в возрасте старше 50 лет

снижают прирост по диаметру в меньшей степени. Ниже располагаются практически не отличающиеся по своему пространственному положению возрастные кривые древостоев I класса бонитета (5-й и 7-й групп насаждений) и древостоев II класса бонитета (4-й и 8-й групп насаждений). Это свидетельствует о том, что как избыток, так недостаток влаги в зоне ризосферы оказывают одинаковое влияние на формирование радиального прироста деревьев.

Ниже всех расположена возрастная кривая ельников 3-й группы насаждений (III бонитет), которые формируются на автоморфных песчаных почвах, характеризующихся низкими запасами продуктивной влаги.

При выражении в абсолютных величинах зависимости радиального прироста от возраста каждому конкретному древостою будет соответствовать определенная возрастная кривая, так как случаи совпадения ширины годичных колец у древостоев крайне редки. Например, при прочих равных условиях ширина годичного кольца в ельнике 5-й группы меньшей полноты будет несколько выше по сравнению с аналогичным древостоем большей полноты. Поэтому в целях удобства использования установленной зависимости полученные абсолютные значения переведены в относительные величины и представлены в виде индексов (табл. 2), которые подсчитывались делением ширины годичного кольца в определенном возрасте на ее показатель в возрасте 50 лет.

Таблица 2

Индексы изменения ширины годичных колец ельников с возрастом

| Возраст, лет | Группа насаждений (бонитет) | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 3 (III) | 4 (II) | 5 (I) | 6 (Ia) | 6 (Iб) | 7 (Ia) | 7 (I) | 8 (II) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 2,19 | 2,32 | 2,73 | 3,43 | 3,08 | 2,91 | 2,93 | 2,15 |
| 11 | 2,09 | 2,20 | 2,57 | 3,19 | 2,88 | 2,74 | 2,75 | 2,06 |
| 12 | 2,00 | 2,11 | 2,43 | 2,98 | 2,71 | 2,58 | 2,60 | 1,97 |
| 13 | 1,93 | 2,02 | 2,32 | 2,80 | 2,57 | 2,45 | 2,46 | 1,90 |
| 14 | 1,86 | 1,94 | 2,21 | 2,65 | 2,44 | 2,33 | 2,34 | 1,83 |
| 15 | 1,80 | 1,87 | 2,12 | 2,51 | 2,32 | 2,23 | 2,24 | 1,77 |
| 16 | 1,74 | 1,81 | 2,03 | 2,39 | 2,22 | 2,13 | 2,14 | 1,72 |
| 17 | 1,69 | 1,76 | 1,96 | 2,28 | 2,13 | 2,05 | 2,06 | 1,67 |
| 18 | 1,64 | 1,70 | 1,89 | 2,19 | 2,04 | 1,97 | 1,98 | 1,63 |
| 19 | 1,60 | 1,66 | 1,83 | 2,10 | 1,97 | 1,90 | 1,91 | 1,58 |
| 20 | 1,56 | 1,61 | 1,77 | 2,02 | 1,90 | 1,84 | 1,85 | 1,55 |
| 21 | 1,53 | 1,57 | 1,72 | 1,94 | 1,83 | 1,78 | 1,79 | 1,51 |
| 22 | 1,49 | 1,53 | 1,67 | 1,87 | 1,78 | 1,73 | 1,73 | 1,48 |
| 23 | 1,46 | 1,50 | 1,62 | 1,81 | 1,72 | 1,68 | 1,68 | 1,45 |
| 24 | 1,43 | 1,47 | 1,58 | 1,75 | 1,67 | 1,63 | 1,63 | 1,42 |
| 25 | 1,40 | 1,44 | 1,54 | 1,70 | 1,62 | 1,59 | 1,59 | 1,39 |
| 26 | 1,37 | 1,41 | 1,50 | 1,65 | 1,58 | 1,54 | 1,55 | 1,36 |
| 27 | 1,35 | 1,38 | 1,47 | 1,60 | 1,54 | 1,51 | 1,51 | 1,34 |
| 28 | 1,33 | 1,35 | 1,44 | 1,56 | 1,50 | 1,47 | 1,47 | 1,32 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 29 | 1,30 | 1,33 | 1,40 | 1,52 | 1,46 | 1,44 | 1,44 | 1,30 |
| 30 | 1,28 | 1,31 | 1,37 | 1,48 | 1,43 | 1,40 | 1,41 | 1,28 |
| 31 | 1,26 | 1,28 | 1,35 | 1,44 | 1,40 | 1,37 | 1,38 | 1,26 |
| 32 | 1,24 | 1,26 | 1,32 | 1,41 | 1,37 | 1,35 | 1,35 | 1,24 |
| 33 | 1,22 | 1,24 | 1,30 | 1,37 | 1,34 | 1,32 | 1,32 | 1,22 |
| 34 | 1,21 | 1,22 | 1,27 | 1,34 | 1,31 | 1,29 | 1,29 | 1,20 |
| 35 | 1,19 | 1,20 | 1,25 | 1,31 | 1,28 | 1,27 | 1,27 | 1,18 |
| 36 | 1,17 | 1,19 | 1,23 | 1,29 | 1,26 | 1,24 | 1,25 | 1,17 |
| 37 | 1,16 | 1,17 | 1,21 | 1,26 | 1,23 | 1,22 | 1,22 | 1,15 |
| 38 | 1,14 | 1,15 | 1,19 | 1,23 | 1,21 | 1,20 | 1,20 | 1,14 |
| 39 | 1,13 | 1,14 | 1,17 | 1,21 | 1,19 | 1,18 | 1,18 | 1,13 |
| 40 | 1,11 | 1,12 | 1,15 | 1,19 | 1,17 | 1,16 | 1,16 | 1,11 |
| 41 | 1,10 | 1,11 | 1,13 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,14 | 1,10 |
| 42 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,12 | 1,09 |
| 43 | 1,08 | 1,08 | 1,10 | 1,12 | 1,11 | 1,11 | 1,11 | 1,07 |
| 44 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,10 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,06 |
| 45 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,08 | 1,07 | 1,07 | 1,05 |
| 46 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,04 |
| 47 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,03 |
| 48 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,02 |
| 49 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| 50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 51 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| 52 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,98 |
| 53 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,97 |
| 54 | 0,96 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,96 |
| 55 | 0,95 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,96 |
| 56 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,95 |
| 57 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 0,94 |
| 58 | 0,93 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,93 |
| 59 | 0,92 | 0,92 | 0,90 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 0,92 |
| 60 | 0,92 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,92 |
| 61 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 0,91 |
| 62 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,87 | 0,90 |
| 63 | 0,89 | 0,89 | 0,87 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,86 | 0,90 |
| 64 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,89 |
| 65 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,88 |
| 66 | 0,87 | 0,87 | 0,84 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,83 | 0,88 |
| 67 | 0,87 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,82 | 0,87 |
| 68 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,79 | 0,81 | 0,82 | 0,81 | 0,86 |
| 69 | 0,85 | 0,85 | 0,82 | 0,78 | 0,80 | 0,81 | 0,81 | 0,86 |
| 70 | 0,85 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,85 |
| 71 | 0,84 | 0,83 | 0,80 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,79 | 0,85 |
| 72 | 0,84 | 0,83 | 0,80 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,84 |
| 73 | 0,83 | 0,82 | 0,79 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,84 |
| 74 | 0,83 | 0,81 | 0,78 | 0,74 | 0,76 | 0,77 | 0,77 | 0,83 |
| 75 | 0,82 | 0,81 | 0,78 | 0,73 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,82 |
| 76 | 0,82 | 0,80 | 0,77 | — | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,82 |
| 77 | 0,81 | 0,80 | 0,76 | — | — | 0,75 | 0,75 | 0,81 |
| 78 | 0,81 | 0,79 | 0,76 | — | — | 0,74 | 0,74 | — |
| 79 | 0,80 | 0,79 | 0,75 | — | — | 0,74 | 0,74 | — |
| 80 | 0,80 | 0,78 | 0,75 | — | — | 0,73 | 0,73 | — |
| 81 | 0,79 | 0,78 | 0,74 | — | — | — | 0,72 | — |
| 82 | 0,79 | 0,77 | 0,73 | — | — | — | 0,72 | — |
| 83 | 0,78 | 0,77 | 0,73 | — | — | — | 0,71 | — |
| 84 | 0,78 | 0,76 | 0,72 | — | — | — | 0,71 | — |
| 85 | 0,77 | 0,76 | 0,72 | — | — | — | 0,70 | — |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|------|------|------|---|---|---|------|---|
| 86 | 0,77 | 0,75 | 0,71 | — | — | — | 0,70 | — |
| 87 | 0,76 | 0,75 | 0,71 | — | — | — | 0,69 | — |
| 88 | 0,76 | 0,74 | 0,70 | — | — | — | — | — |
| 89 | 0,76 | 0,74 | 0,70 | — | — | — | — | — |
| 90 | 0,75 | 0,74 | 0,69 | — | — | — | — | — |
| 91 | 0,75 | 0,73 | 0,69 | — | — | — | — | — |
| 92 | 0,74 | 0,73 | 0,68 | — | — | — | — | — |
| 93 | 0,74 | 0,72 | 0,68 | — | — | — | — | — |
| 94 | — | 0,72 | 0,67 | — | — | — | — | — |
| 95 | — | 0,72 | 0,67 | — | — | — | — | — |
| 96 | — | 0,71 | 0,67 | — | — | — | — | — |
| 97 | — | 0,71 | 0,66 | — | — | — | — | — |
| 98 | — | 0,70 | 0,66 | — | — | — | — | — |
| 99 | — | 0,70 | 0,65 | — | — | — | — | — |
| 100 | — | 0,70 | 0,65 | — | — | — | — | — |
| 101 | — | 0,69 | 0,65 | — | — | — | — | — |
| 102 | — | 0,69 | 0,64 | — | — | — | — | — |
| 103 | — | 0,69 | 0,64 | — | — | — | — | — |
| 104 | — | 0,68 | 0,63 | — | — | — | — | — |
| 105 | — | 0,68 | 0,63 | — | — | — | — | — |
| 106 | — | 0,68 | 0,63 | — | — | — | — | — |
| 107 | — | 0,67 | 0,62 | — | — | — | — | — |
| 108 | — | 0,67 | 0,62 | — | — | — | — | — |
| 109 | — | — | 0,62 | — | — | — | — | — |
| 110 | — | — | 0,61 | — | — | — | — | — |
| 111 | — | — | 0,61 | — | — | — | — | — |
| 112 | — | — | 0,60 | — | — | — | — | — |
| 113 | — | — | 0,60 | — | — | — | — | — |
| 114 | — | — | 0,60 | — | — | — | — | — |
| 115 | — | — | 0,60 | — | — | — | — | — |

При этом сохраняются как форма возрастных кривых, так и степень снижения прироста, которая может быть рассчитана при необходимости по приведенным индексам.

Заключение. Выявленная зависимость изменения ширины годичного кольца у ели с возрастом может использоваться для оценки и прогноза изменения продуктивности древостоев при антропогенном нарушении условий местопроизрастания, а также для сравнения радикального прироста разновозрастных еловых насаждений.

Литература

1. Битвинкас, Т. Т. Дендроклиматические исследования / Т. Т. Битвинкас. — Л.: Гидрометеоиздат, 1974. — 172 с.
2. Русаленко, А. И. Эколого-флористическая классификация сосновых лесов Беларуси / А. И. Русаленко // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. — 1996. — № 2. — С. 5–12.
3. Русаленко, А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А. И. Русаленко. — Минск: Наука и техника, 1986. — 238 с.