

**А. В. Переход**

*Витебск, Республика Беларусь*

## **О ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОСОБЕЙ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Установлены закономерности динамики продуктивности сосновых культур в связи с изменением светового режима под пологом насаждений. По результатам анализа потребления атмосферного азота при формировании фотосинтетического аппарата растений живого напочвенного покрова и древесной популяции предложена четкая система дифференциации древесных особей в культурах сосны. Показано, что процесс дифференциации деревьев зависит в основном от актуального плодородия почвы, формируемого автотрофными бактериями.

*Ключевые слова:* культуры сосны обыкновенной, конкуренция, солнечная радиация, атмосферный азот, автотрофные бактерии.

**A. V. Perekhod**

*Vitebsk, Republic of Belarus*

## **ON THE DIFFERENTIATION OF THE WOODY SPECIALS IN THE CULTURES OF *PINUS SILVESTRIS***

The regularities of dynamics of productivity of pine crops in connection with a change in the light regime under the canopy of plants. According to the analysis of the use of atmospheric nitrogen in the formation of the photosynthetic apparatus of plants, living ground cover and tree populations is given schematic diagram of the mechanism of differentiation of woody species in the pine. It is shown that the process of differentiation of trees is mainly dependent on the active fertility of the soil formed by the autotrophic bacteria.

*Keywords:* culture of *Pinus silvestris*, competition, solar radiation, atmospheric nitrogen, autotrophic bacteria.

**Введение.** Дискуссии о том, что является причиной дифференциации деревьев в насаждениях (экологические условия или наследственность), продолжаются до настоящего времени. Для решения этого вопроса нами используется один из главных биогенных элементов (НРК), а именно атмосферный азот, поставляемый автотрофными бактериями растениям живого напочвенного покрова (ЖНП) и древесным популяциям лесных фитоценозов. При этом учитывается только эффективная форма азота (ЭФА), используемая в процессе формирования фотосинтетического аппарата растений ЖНП (ЭФА<sub>1</sub>) и древесной популяции (ЭФА<sub>2</sub>). На основании этих показателей актуальное плодородие почвы (АПП) определяется как суммарное количество общего азота в ежегодной фитомассе листьев растений ЖНП и древостоя, т. е. АПП приравнивается к ЭФА [1].

Цель данной работы – обосновать наличие двух вариантов формирования фотосинтетического аппарата в культурах сосны обыкновенной.

**Объекты и методы исследования.** Объектами по выяснению причин дифференциации древесных особей послужили сосновые культуры свежих боров Беларуси, по материалам изучения которых нами составлены специальные таблицы хода роста [1, 2], учитывающие следующие важнейшие функциональные показатели лесных фитоценозов:

ЭОП (энергетическая освещенность почвы) – интенсивность солнечной радиации (в процентах от максимально возможной) под пологом насаждений;

АПП (актуальное плодородие почвы) – виртуальная величина в виде легкоусвояемых соединений азота, поставляемых растениям автотрофными бактериями;

ЭФА (эффективная форма азота) – универсальный показатель уровня продуктивности лесных фитоценозов (определяемые в физических единицах параметры ЭФА (ЭФА<sub>1</sub> + ЭФА<sub>2</sub>) приравниваются к актуальному плодородию почвы, т. е. ЭФА = АПП).

Прирост по длине окружности ствола в сосновых культурах являлся критерием выделения физиологически здоровых (ФЗД) и угнетенных (ФУД) деревьев. К группе ФЗД относились деревья, прирост которых в сосняках II класса бонитета за два сезона вегетации всегда был больше 1 см. Деревья с меньшим приростом на высоте 1,3 м относились к группе ФУД с последующим их переходом в сухостой и валежник.

Таксационные показатели продуктивности лесных насаждений определяли с использованием формулы М (запас стволовой древесины) =  $H_F$  (видовая высота)  $G$  (сумма площадей сечений) по методике В. Джурджу [3]. Текущий прирост ( $Z_M$ ) определяли по формуле  $Z_M = H'_F G' - H''_F G''$ , где  $H'_F$  – видовая высота в год обмера стволов,  $G'$  – сумма площадей сечений в год обмера стволов,  $H''_F$  – видовая высота  $n$  лет назад,  $G''$  – сумма площадей сечений  $n$  лет назад.  $H_F$  – средняя видовая высота для сосны, равная  $0,355H + 2,22$ .

Обмер длины окружности стволов осуществляли металлической рулеткой. Для перевода длины окружности в диаметр использовали таблицу определения диаметра по длине окружности.

**Результаты и их обсуждение.** Нами отмечалось [1], что в лесных фитоценозах как растения ЖНП, так и древесные популяции проходят этапы прогрессивного развития и упадка. На прогрессивном этапе существования при достаточной освещенности растения ЖНП неуклонно усиливают свои позиции, занимая до 80 % жизненного пространства на единице площади (1 га), стремясь максимально освоить АПП за счет перехвата азотного питания у представителей древесных популяций. Это ведет к деградации фотосинтеза у значительной части деревьев и неизбежному падению текущего прироста в сосновых культурах. Снижающиеся поставки азотных соединений осваивают только ФЗД, формирующие на этапе стагнации насаждений базовый запас стволовой древесины. При этом необходимый для ежегодного построения фотосинтетического аппарата (ФСА) ФЗД азот добывается автотрофными бактериями непосредственно из атмосферы по первому (основному) варианту (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Динамика актуального плодородия почвы при основном варианте формирования фотосинтетического аппарата в культурах сосны обыкновенной

Table 1. Dynamics of actual soil fertility in the basic version of the formation of the photosynthetic apparatus in the cultures of *Pinus silvestris*

Возраст культур, лет	Экологический фактор		Эффективная форма азота (ЭФА)	
	ЭОП, % от максимально возможной	АПП, кг/га <sup>-1</sup>	ЭФА <sub>1</sub> , кг/га <sup>-1</sup>	ЭФА <sub>2</sub> , кг/га <sup>-1</sup>
1	60	250	249	<i>1</i>
5	50	235	220	<i>15</i>
10	40	205	160	<i>45</i>
15	30	180	100	<i>80</i>
20	20	155	40	<i>115</i>
25	0	125	0	<i>125</i>
30	5	106	<i>6</i>	100
40	10	60	<i>20</i>	40
50	20	70	<i>45</i>	25
60	25	105	<i>80</i>	25
70	35	145	<i>120</i>	25
80	50	250	<i>230</i>	20
90	50	250	<i>230</i>	20
100	50	250	<i>230</i>	20

П р и м е ч а н и е. ЭОП – энергетическая освещенность почвы; АПП – атмосферный азот, переведенный бактериями в доступную форму; ЭФА<sub>1</sub> – общий азот фотосинтетического аппарата растений ЖНП; ЭФА<sub>2</sub> – общий азот фотосинтетического аппарата однолетней хвои. Полужирным шрифтом отмечены возрастные этапы прогрессивного развития сосновых культур и растений ЖНП. В табл. 1, 2 густота посадки 1×2 м – 5000 шт/га<sup>-1</sup>, свежий бор, АПП = ЭФА = 250 кг/га<sup>-1</sup>.

Следует отметить, что в хвойных древостоях существует и второй (сопутствующий) вариант построения ФСА, при котором задействован бывший в употреблении атмосферный азот, получаемый в процессе его оттока из листьев (хвои) прошлого года генерации. При осуществлении второго варианта ФСА в древесном сообществе появляются ФУД, у которых отмечается тенденция на усыхание в ближайшие 5–10 лет.

Существует много показателей, характеризующих свет в процессе его испускания, распространения и преобразования (отражение, поглощение, пропускание и др.). При исследовании динамики роста и развития сосновых культур нами используются абстрактные величины излучения, позволяющие в среднем оценивать плотность светового потока (освещенность) и интенсивность радиации (энергетическую освещенность) в течение календарного года.

Плодородие – очень динамичное свойство почвы, способное быстро изменяться под влиянием природных факторов. К возрасту жердняка актуальное плодородие снижается на 50 % в связи с падением уровня энергетической освещенности почвы.

Затенение участков кронами заселяющих лесную площадь хвойных многолетников нарушает световой режим почвенного комплекса и на долгие годы усложняет характер взаимоотношений между однолетними и многолетними растениями.

Сложные органические вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, необходимы для успешного воспроизводства продукции наземными растениями в процессе осуществления фотосинтеза. При этом, произрастая под пологом сосновых культур, растения ЖНП на этапе регресса нуждаются в ЭОП, а древесным особям на этапе стагнации насаждений катастрофически не хватает продукции автотрофных бактерий. Корневая система травянистых растений на стадии своего прогрессивного развития более жизнеспособна, чем аналогичная система древесных особей на этапе упадка. В связи с этим, по мере восстановления жизнедеятельности автотрофных бактерий, продукция последних всецело перехватывается и используется растениями ЖНП.

В табл. 2 полужирным курсивом отмечена динамика дискриминации с последующей элиминацией 4480 древесных особей (9/10 древесной популяции), принявших на себя по необходимости обязанности формирования ФСА по сопутствующему варианту, т. е. отторгая (регенерируя) азот из хвои прошлого года.

Таблица 2. Динамика эффективной формы азота при формировании первого (основного) и второго (сопутствующего) вариантов фотосинтетического аппарата в культурах сосны обыкновенной

Table 2. Dynamics of the effective form of nitrogen in the formation of the first (main) and second (collateral) variants of the photosynthetic apparatus in the cultures of *Pinus silvestris*

Возраст культур, лет	ФЗД				ФУД		Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /полнота	Текущий прирост, м <sup>3</sup> /га <sup>-1</sup>	Сухостой, шт/га <sup>-1</sup> /запас, м <sup>3</sup> /га <sup>-1</sup>	Запас произведенной древесины, м <sup>3</sup> /га <sup>-1</sup>
	Высота, м	Диаметр, см	Стволы, шт/га <sup>-1</sup> /запас, м <sup>3</sup> /га <sup>-1</sup>	ЭФА <sub>1</sub> /ЭФА <sub>2</sub> , кг/га <sup>-1</sup>	Стволы, шт/га <sup>-1</sup> /запас, м <sup>3</sup> /га <sup>-1</sup>	ЭФА <sub>1</sub> /ЭФА <sub>2</sub> , кг/га <sup>-1</sup>				
1	0,3	–	5000/–	249/1	–/–	250/–	–/–	–	–/–	1
5	1,7	–	5000/6	220/15	–/–	220/–	–/–	1,0	–/–	6
10	3,5	3,8	5000/19	160/45	–/–	160/–	–/–	2,6	–/–	19
15	5,0	5,6	5000/50	100/80	–/–	100/–	12,1/0,8	6,2	–/–	50
20	6,5	7,6	4500/92	40/115	<b>500/5</b>	<b>40/8</b>	21,6/1,1	9,4	–/–	97
25	8,5	10,8	2600/126	0/125	<b>1900/44</b>	<b>0/47</b>	32,4/1,4	14,6	–/–	170
30	10,5	13,5	1750/148	6/100	<b>850/36</b>	<b>6/34</b>	41,4/1,5	13,6	500/5	233
40	13,5	17,8	1050/184	20/40	<b>700/71</b>	<b>20/30</b>	43,8/1,4	10,7	2750/80	340
50	16,0	20,6	790/207	60/30	<b>260/50</b>	<b>60/11</b>	37,4/1,2	7,3	700/71	413
60	18,0	22,8	630/222	80/25	<b>160/46</b>	<b>80/5</b>	34,6/1,0	6,1	260/50	474
70	20,0	24,2	520/222	120/25	<b>110/40</b>	<b>120/2</b>	31,9/0,9	4,0	160/46	514
80	22,0	24,8	520/253	160/20	–/–	–/–	29,7/0,8	3,1	110/40	545
90	23,0	25,9	520/284	230/20	–/–	–/–	27,5/0,7	3,1	–/–	576
100	24,0	26,1	520/299	230/20	–/–	–/–	27,8/0,7	1,5	–/–	591
110	25,0	26,3	520/314	230/20	–/–	–/–	28,1/0,7	1,5	–/–	606

Практически у всех без исключения особей древесной популяции отмечается наличие двух вариантов формирования ФСА. Оба эти варианта некоторое время существуют одновременно, но первый может функционировать сам по себе в течение всего онтогенеза сосновых культур. При этом ежегодно посредством передачи атмосферного азота оставшейся к вековому возрасту древесной популяции (520 деревьев – 1/10 древесной популяции) должен осуществляться непосредственный контакт автотрофных микроорганизмов с ФЗД. Необходимо отметить, что рубками ухода в молодых посадках (до 40 лет) можно менять статус ФУД на статус ФЗД, так как в условиях лучшей энергетической освещенности почвы происходит трансформация второго варианта формирования ФСА на первый.

В древостоях естественного происхождения роль ФЗД выполняют особи, занимающие постоянно господствующее положение в куртинах лесного сообщества, которые по запасу стволовой древесины к 60 годам выравниваются с продуктивностью сосновых культур [4].

На этапе стагнации в приспевающих и спелых сосняках формируется равновесная экологическая система (РЭС), при которой оставшиеся к этому времени ФЗД при минимальном текущем приросте стволовой древесины ( $1,5 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$ ) способны жить вечно, поскольку соотношение между показателями ЭФА<sub>1</sub> ( $230 \text{ кг}/\text{га}^{-1}$ ) и ЭФА<sub>2</sub> ( $20 \text{ кг}/\text{га}^{-1}$ ) в перспективе остается постоянным неопределенно долго. Дифференциация древесных особей на ФЗД и ФУД не является, как принято считать, бесконечной прерогативой популяции, а в рамках указанной РЭС носит вполне законченный характер.

С помощью анализа лабораторных образцов невозможно обнаружить различия по качеству и количеству между ФСА здоровых особей и уходящих в утиль (усыхающих) в лесном фитоценозе, однако они хорошо заметны по дифференциации показателей диаметра и высоты, которые всегда меньше у деревьев, переходящих на сопутствующий вариант развития. О наличии этих различий свидетельствует и тот факт, что ФСА усыхающих деревьев использует атмосферный азот повторно и в пониженном количестве по сравнению с ФСА здоровых особей.

Продуктивность сосновых культур по запасу базовой стволовой древесины в сосняках свежих боров (II класс бонитета) формируется только количеством ФЗД и в средневозрастных посадках составляет  $222 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$ . В дальнейшем запас стволовой древесины возрастает до  $300 \text{ м}^3/\text{га}^{-1}$  и более за счет стабильного количества деревьев на 1 га лесной площади.

**Заключение.** В сосновых насаждениях существует два варианта формирования ФСА – основной и сопутствующий. По основному (первому) варианту в течение онтогенеза лесных культур (100 и более лет) растут в среднем 500 древесных особей, использующих атмосферный азот, поставляемый автотрофными бактериями. По сопутствующему (второму) варианту, длящемуся в промежутке от 20 до 70 лет, ФСА использует азот, получаемый из листьев (хвои) прошлых лет генерации. Механизм дифференциации с последующей элиминацией древесных особей обеспечивается и регламентируется только при втором варианте формирования ФСА.

#### Список использованных источников

1. Переход, А. В. Закономерности процесса изреживания сосновых культур / А. В. Переход // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. – Гомель, 2013. – Вып. 73. – С. 244–253.
2. Переход, А. В. Биологическая и хозяйственная продуктивность сосновых культур в Белорусском Полесье / А. В. Переход, О. В. Чуешков // Лесоведение. – 1993. – № 2. – С. 71–74.
3. Джурджу, В. Таксация текущего прироста насаждений : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. Джурджу. – М., 1957. – 19 с.
4. Переход, А. В. Влияние конкуренции за пищевые ресурсы на текущий прирост сосновых насаждений / А. В. Переход // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. – Гомель, 2016. – Вып. 76. – С. 72–80.

#### References

1. Perekhod A. V. Regularities of the process of thinning pine trees. *Problemy lesovedeniia i lesovodstva : sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and forestry: proceedings of the Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel, 2013, iss. 73, pp. 244–253. (in Russian).

2. Perekhod A. V., Chueshkov O. V. Biological and economic productivity of pine cultures in the Belarusian Polesie. *Lesovedenie* [Forest Science], 1993, no. 2, pp. 71–74. (in Russian).

3. Dzhurdzhu V. *Inventory of current growth of plantations*, Abstract of Ph. D. dissertation, Agricultural Sciences. Moscow, 1957. 19 p. (in Russian).

4. Perekhod A. V. Influence of competition for food resources on the current growth of pine plantations. *Problemy lesovedeniia i lesovodstva : sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and forestry: proceedings of the Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel, 2016, iss. 76, pp. 72–80. (in Russian).

### Информация об авторе

Переход Анатолий Владимирович – канд. с.-х. наук, бывший ст. науч. сотрудник. Институт леса НАН Беларуси (ул. Володарского, 127–81, 210016, г. Витебск, Республика Беларусь). E-mail: an.perechod@yandex.ru.

### Information about the author

Anatoly V. Perekhod – Ph. D. (Agricuilt.), former Senior researcher. Forest institute of the National Academy of Sciences of Belarus (127–81, Volodarsky Str., 210016, Vitebsk, Republic of Belarus) . E-mail: an.perechod@yandex.ru

### Для цитирования

Переход, А. В. О дифференциации древесных особей в культурах сосны обыкновенной / А. В. Переход // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2017. – № 3. – С. 84–88.

### For citation

Perekhod A. V. On the differentiation of wood species in the cultures of *Pinus silvestris*. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series], 2017, no. 3, pp. 84–88.