



УДК 630*161.32:582.47(571.53)

Анализ биологической продуктивности сосновых древостоев по возрастным группам на основе лесотаксационных данных

Г. Г. Суворова

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
E-mail: suorova@sifibr.irk.ru

Аннотация. Проведён анализ динамики фракций фитомассы и их соотношений в сосновых древостоях в процессе возрастного развития. Общая фитомасса древостоев увеличивается от первой к четвёртой возрастной группе почти в 4,5 раза. Массы всех фракций, кроме хвои, увеличиваются последовательно в 2, 3 и 4 раза, с незначительным преимуществом в скорости нарастания корневой системы и ствола. Масса хвои после второй возрастной группы изменяется незначительно. Доля стволов в общей фитомассе увеличивается с возрастом от 68 до 73 % при снижении долей коры стволов и хвои с 11 до 5 % и с 10 до 8 %, в то время как доли древесины кроны, корней и надземной части остаются практически постоянными – 9, 13 и 87 % от всей фитомассы. Отношение массы хвои к массе отдельных фракций фитомассы, как характеристика доступности ассимилятов для поддержания живой массы древостоя, постепенно снижается на 75, 60 и 40 % от первой к четвёртой возрастной группе. Полученные результаты позволяют предположить, что регуляция фотосинтетического потока в онтогенезе соснового древостоя происходит в направлении равномерно понижающегося уровня поступления продуктов фотосинтеза на поддержание всех фракций фитомассы. Снижение текущего прироста в возрастном ряду происходит более быстрыми темпами и не может быть обусловлено только снижением фотосинтетической активности лесного полога.

Ключевые слова: сосновые древостои, группы возраста, фракции фитомассы, ствол, хвоя, теория оптимальности.

Введение

Поглощая в процессе фотосинтеза диоксид углерода, лесные экосистемы на длительный срок переводят углерод атмосферы в неактивное состояние, и, консервируя его в своей фитомассе, выводят из круговорота [4; 7; 8; 12; 21].

При оценке углеродного бюджета лесов в качестве резервуаров углерода обычно рассматриваются три пула: фитомассы лесной растительности, детрита и почвенного гумуса [8]. Наиболее динамичен пул фитомассы, формирующийся в результате разнонаправленных потоков фотосинтетического и дыхательного газообмена, роста и формирования фракций фито-

массы и деструкции растительных остатков. Трансформация основных входящих и исходящих потоков углерода (фотосинтеза и дыхания) находит отражение в особенностях динамики фракций фитомассы как на уровне отдельных деревьев [3], так и, по-видимому, в древостоях разного возраста и разного видового состава. Для лесных экосистем регионального масштаба исследование трансформации фотосинтетического углерода на уровне фракционного состава фитомассы имеет большое значение для понимания механизмов саморегуляции функции углеродного стока и формирования фитомассы в процессе созревания древостоев.

Цель настоящей работы – исследовать особенности формирования фитомассы (с точки зрения трансформации потоков углерода) в разных возрастных группах сосновых древостоев, произрастающих на территории Иркутской области.

Материалы и методы

На территории Иркутского региона доминируют хвойные древостои, сформированные с участием сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы сибирской, среди них на втором месте по распространению находятся сосновые леса [1]. Благодаря уникальным физиологическим свойствам (засухоустойчивость, неприхотливость к почвенно-грунтовым условиям) сосна (*Pinus sylvestris* L.) представлена во всех административных районах области [2]. Сосну отличает более высокая по сравнению с елью и лиственницей устойчивость нетто-фотосинтеза хвои к экстремально низкой влажности почвы и стабильность оптимальных диапазонов факторов среды, в которых проявляются вегетационные максимумы ее нетто-фотосинтеза. Благодаря широкому распространению сосновые леса характеризуются высокими газопоглощающими и кислородопroduцирующими свойствами [18; 19; 22; 23; 25].

В данном исследовании трансформацию фотосинтетического потока углерода в процессе возрастного развития сосновых древостоев оценивали по возрастной динамике фракций фитомассы и их соотношений. В практике лесного хозяйства Иркутской области возрастные группы хвойных древостоев имеют следующие градации: молодняки (1-я группа) – древостои до 40 лет, средневозрастные (2-я группа) – 41–80, приспевающие (3-я группа) – 81–100, спелые (4-я группа) – 100–140, перестойные (5-я группа) – свыше 140 лет [9]. Для анализа динамики фракционного состава фитомассы использованы данные таблиц хода роста (ТХР) [20], разработанных на основе ТХР региональных модальных сосновых древостоев в возрасте от 20 до 200 лет, произрастающих в автоморфных типах леса таёжных экорегионов Сибири [17; 24]. Для 1–3-й групп в этом исследовании использованы данные по древостоям с возрастом 30, 60 и 90 лет. В четвертую группу были объединены спелые и перестойные древостои, для которых использованы данные по древостоям с возрастом 160 лет (табл. 1). Средняя для Иркутского региона полнота сосновых древостоев – 0,7; класс бонитета – III [2]. На территории области наиболее распространены модальные сосновые древостои в автоморфных типах леса.

Результаты и обсуждение

В лесных экосистемах Иркутской области распределение фитомассы по фракциям является типичным для средне-южнотаёжных лесов [2]. В процессе созревания от 1-й к 4-й возрастной группе показатели высоты и среднего диаметра сосновых древостоев увеличиваются последовательно до 2,5 раз, запаса – почти в 5 раз. Число деревьев и текущее изменение запаса снижаются до 36 и 16 % от показателей 1-й возрастной группы (см. табл. 1).

Таблица 1

Показатели хода роста сосновых древостоев по возрастным группам

| Возраст, лет (группа) | Средняя высота, м | Средний диаметр, см | Число деревьев | Запас, м ³ га ⁻¹ | Текущее изменение запаса, м ³ га ⁻¹ год ⁻¹ |
|--|-------------------|---------------------|----------------|--|---|
| 30 (1-я гр.) | 10,1 | 13,2 | 746 | 60 | 3,07 |
| 60 (2-я гр.) | 17,1 | 19,9 | 547 | 150 | 2,71 |
| 90 (3-я гр.) | 21,2 | 24,9 | 421 | 217 | 1,78 |
| 160 (4-я гр.) | 24,9 | 32,9 | 272 | 289 | 0,49 |
| Соотношение показателей между возрастными группами | | | | | |
| 1-я гр. / 1-я гр. | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2-я гр. / 1-я гр. | 1,69 | 1,51 | 0,73 | 2,50 | 0,88 |
| 3-я гр. / 1-я гр. | 2,10 | 1,89 | 0,56 | 3,62 | 0,58 |
| 4-я гр. / 1-я гр. | 2,47 | 2,49 | 0,36 | 4,82 | 0,16 |

Общая фитомасса древостоев увеличивается от 1-й к 4-й возрастной группе в 4,4 раза (табл. 2). Доля преобладающей фракции стволов возрастает от 68 до 73 %. Доли фракций хвои и коры ствола при этом снижаются с 11 до 5 % и с 10 до 8 %, в то время как древесины кроны, корней и надземной части древостоя остаются практически постоянными – 9, 13 и 87 % от всей фитомассы (см. табл. 2). Увеличение доли отдельных фракций фитомассы по возрастным группам имеет отчётливую закономерность. Масса всех фракций, кроме хвои, с возрастом насаждения увеличивается последовательно примерно в 2, 3 и 4 раза с некоторым преимуществом корневой системы и ствола. Масса хвои после 2-й возрастной группы изменяется более низкими темпами (см. табл. 2).

Возрастные изменения аллокации ассимилятов для поддержания живых органов и тканей в древостое были проанализированы по отношению массы хвои к массе отдельных фракций в каждой возрастной группе (табл. 3). Приняли, что полученные отношения являются косвенной оценкой уровня ассимилятов, поступающих из фотосинтезирующей хвои к отдельным органам и тканям в процессе развития древостоя. Очевидная условность выбранного подхода оправдана тем, что при балансовых исследованиях фотосинтетическая продуктивность рассчитывается на массу хвои и, следовательно, пропорциональна ей, хотя экспериментально установлено, что в регионе исследования колебания фотосинтетической продуктивности хвойных в зависимости от условий вегетации могут достигать 3–5-кратных значений [16].

Таблица 2

Динамика биологической продуктивности сосновых древостоев по возрастным группам

| Возраст, лет (группа) | Фитомасса насаждения, т га ⁻¹ | | | | | | | Текущий прирост налич. насажд., т га ⁻¹ год ⁻¹ |
|--|--|------------------|-----------------|------|---------------------|-------|-------|--|
| | Ствол | В том числе кора | Древесина кроны | Хвоя | Всего надзем. части | Корни | Всего | |
| 30 (1-я гр.) | 23,2 | 3,4 | 3,05 | 3,8 | 30,0 | 4,3 | 34,3 | 1,61 |
| 60 (2-я гр.) | 56,5 | 7,4 | 7,2 | 6,7 | 70,4 | 10,5 | 80,9 | 1,47 |
| 90 (3-я гр.) | 81,8 | 9,8 | 10,0 | 7,4 | 99,2 | 15,4 | 114,6 | 0,98 |
| 160 (4-я гр.) | 109,6 | 11,6 | 12,8 | 6,9 | 129,3 | 20,8 | 150,1 | 0,26 |
| Соотношение показателей между возрастными группами | | | | | | | | |
| 1-я гр. / 1-я гр. | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2-я гр. / 1-я гр. | 2,44 | 2,18 | 2,36 | 1,76 | 2,35 | 2,44 | 2,36 | 0,91 |
| 3-я гр. / 1-я гр. | 3,53 | 2,88 | 3,28 | 1,95 | 3,31 | 3,58 | 3,34 | 0,61 |
| 4-я гр. / 1-я гр. | 4,72 | 3,41 | 4,20 | 1,82 | 4,31 | 4,84 | 4,38 | 0,16 |

Таблица 3

Изменения отношений массы хвои (М, т/га⁻¹) к массе отдельных фракций (М, т/га⁻¹) в сосновых древостоях по возрастным группам

| Возраст, лет (группа) | М хвои / М ствола | М хвои / М коры | М хвои / М дрв. кроны | М хвои / М надзем. части | М хвои / М корней | М хвои / М всего |
|--|-------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| 30 (1-я гр.) | 0,16 | 1,12 | 1,25 | 0,13 | 0,88 | 0,11 |
| 60 (2-я гр.) | 0,12 | 0,91 | 0,93 | 0,10 | 0,64 | 0,08 |
| 90 (3-я гр.) | 0,09 | 0,76 | 0,74 | 0,07 | 0,48 | 0,06 |
| 160 (4-я гр.) | 0,06 | 0,59 | 0,54 | 0,05 | 0,33 | 0,05 |
| Соотношение показателей между возрастными группами | | | | | | |
| 1-я гр. / 1-я гр. | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2-я гр. / 1-я гр. | 0,72 | 0,81 | 0,75 | 0,75 | 0,72 | 0,75 |
| 3-я гр. / 1-я гр. | 0,55 | 0,68 | 0,59 | 0,59 | 0,54 | 0,58 |
| 4-я гр. / 1-я гр. | 0,38 | 0,53 | 0,43 | 0,42 | 0,38 | 0,41 |

Выявлено, что отношение массы хвои к массе всех фракций снижается равномерно от 1-й к 4-й возрастной группе. В меньшей степени – примерно на 80, 70 и 50 %, изменяется отношение массы хвои к массе коры (в составе ствола) (см. табл. 3), затем отношение массы хвои к массе древесины кроны, после этого в равной степени отношение массы хвои к массе ствола и корней. Следует отметить, что в направлении от 1-й к 4-й возрастной группе отношение массы хвои к массе древесины кроны совпадает или в наибольшей степени соответствует отношению массы хвои к массе надземной части и всей фитомассы насаждения. Полученные соотношения свидетельствуют о постепенном и равномерном внутри групп снижении доступности ассимилятов для поддержания всех фракций при нарастании общей фитомассы в процессе развития древостоя.

По величине отношений масс отдельных фракций к массе хвои выявлено, что «нагрузка» на хвою как источник ассимилятов для поддержания живой фитомассы насаждения увеличивается в 4-й группе (спелых и перестойных древостоев) в среднем в 2,5 раза по сравнению с «нагрузкой» в первой (табл. 4).

Таблица 4

Изменения отношений массы отдельных фракций (М, т/га⁻¹) к массе хвои (М, т/га⁻¹) в сосновых древостоях по возрастным группам

| Возраст, лет (группа) | М ствола / М хвои | М коры / М хвои | М дрв. кроны / М хвои | М надзем. части / М хвои | М корней / М хвои | М всего / М хвои |
|--|-------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| 30 (1-я гр.) | 6,11 | 0,89 | 0,80 | 7,89 | 1,13 | 9,03 |
| 60 (2-я гр.) | 8,43 | 1,10 | 1,07 | 10,51 | 1,57 | 12,07 |
| 90 (3-я гр.) | 11,05 | 1,32 | 1,35 | 13,41 | 2,08 | 15,49 |
| 160 (4-я гр.) | 15,88 | 1,68 | 1,86 | 18,74 | 3,01 | 21,75 |
| Соотношение показателей между возрастными группами | | | | | | |
| 1-я гр. / 1-я гр. | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2-я гр. / 1-я гр. | 1,38 | 1,23 | 1,34 | 1,33 | 1,38 | 1,34 |
| 3-я гр. / 1-я гр. | 1,81 | 1,48 | 1,68 | 1,70 | 1,84 | 1,72 |
| 4-я гр. / 1-я гр. | 2,60 | 1,88 | 2,31 | 2,37 | 2,66 | 2,41 |

Несколько более приоритетной для хвои как источника ассимилятов во всех возрастных группах является фракция корней, функционально связывающая вместе со стволовой частью системы водопотребления, транспорта и запасаания ассимилятов. Её масса на единицу массы хвои с возрастом увеличивается примерно в 2,7 раза. В той же степени значимым во всех возрастных группах является ствол, несущий и распределяющий в пространстве древесину кроны и ассимилирующую массу хвои. Увеличение «нагрузки» на хвою для жизнеобеспечения ствола от 1-й к 4-й возрастной группе происходит в тех же пропорциях, что и для корневой системы, и в среднем только на 10 % выше, чем для фракции древесины кроны (см. табл. 4).

Хвоя и кора стволов характеризуют систему синтеза ассимилятов и их транспорта в стволовую часть. Наименьшие отношения масс фракций хвои и коры (в составе стволов) в возрастных группах указывают на их тесную связь в онтогенезе дерева, которая с возрастом проявляется в более медленном изменении их масс по сравнению с массами фракций корней и ствола. Доли именно этих двух фракций в старших возрастных группах снижаются при увеличении доли стволов. Фракция древесины кроны (ветви) – это элемент транспортной системы и функционально связующее звено между ассимилирующей массой хвои и наиболее весомой стволовой фракцией древостоя. Существование функциональной связи между фракциями ствола, древесины кроны и хвои подтверждается эмпирически установленной зависимостью (по Н. Н. Казимирову) объёма древесной зелени (ветвей и хвои) от средней высоты древостоя и от 1 м³ запаса стволовой древесины [10]. С другой стороны, скорость увеличения массы этой фрак-

ции и изменение её соотношения с массой хвои наиболее близки к аналогичным показателям, рассчитанным для фракции надземной части и всей фитомассы древостоя. Можно предположить, что древесина кроны в сосняках либо «контролирует», либо сама «находится под контролем» возрастного формирования общей фитомассы древостоя и его надземной части.

Текущий прирост насаждения снижается в возрастных группах по мере взросления древостоя в 2, затем в 3 и в 11 раз в расчёте на единицу массы хвои, и в 2,6, затем в 5 и 25 раз в расчёте на фитомассу всего насаждения (табл. 5). В процентном отношении текущий прирост снижается от 1-й к 4-й возрастной группе с 52 до 31 и 9 % от массы хвои и с 40 до 18 и 4 % от фитомассы всего насаждения. Этот факт свидетельствует о более высоких, чем нужные для поддержания фракций живой фитомассы, затратах продуктов фотосинтеза, сопутствующих формированию чистой первичной продукции насаждения.

Таблица 5

Изменение отношений массы текущего прироста к массе хвои (M , $t/га^{-1}$) и к общей фитомассе в сосновых древостоях по возрастным группам

| Возраст, лет (группа) | Текущий прирост / M хвои | Текущий прирост / Фитомасса всего насаждения | M хвои / Текущий прирост | Фитомасса всего насаждения / Текущий прирост |
|--|----------------------------|--|----------------------------|--|
| 30 (1-я гр.) | 0,42 | 0,05 | 2,36 | 21,30 |
| 60 (2-я гр.) | 0,22 | 0,02 | 4,56 | 55,03 |
| 90 (3-я гр.) | 0,13 | 0,01 | 7,55 | 116,94 |
| 160 (4-я гр.) | 0,04 | 0,002 | 26,54 | 577,31 |
| Соотношение показателей между возрастными группами | | | | |
| 1-я гр. / 1-я гр. | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2-я гр. / 1-я гр. | 0,52 | 0,39 | 1,93 | 2,58 |
| 3-я гр. / 1-я гр. | 0,31 | 0,18 | 3,20 | 5,49 |
| 4-я гр. / 1-я гр. | 0,09 | 0,04 | 11,24 | 27,10 |

Масса хвои как источник ассимилятов для формирования текущего прироста изменяется в возрастном развитии древостоя в наименьшей степени по сравнению с другими фракциями (см. табл. 2). При этом фотосинтетическая активность хвои сосны после 40 лет сохраняется относительно стабильной без критического снижения у деревьев старше 150 лет [22]. В древостоях старших возрастных групп соотношение хвои разных возрастов может изменяться в сторону увеличения доли более старой хвои [13; 14] и вследствие этого приводить к снижению фотосинтетической активности лесного полога. В данном анализе мы не можем учесть, насколько это снижение может быть велико, чтобы существенно повлиять на возрастное снижение текущего прироста в древостоях старших групп. Однако во время проведения экспериментальных исследований фотосинтеза хвойных в природных условиях Иркутского региона неоднократно отмечали, что во время экстремально жарких засушливых периодов вегетации хвоя старше трёхлетнего возраста на 30-летних деревьях сосны высыхает и практически полностью осыпается. Можно предположить, что и в сосновых древостоях

старших возрастов климатический фактор может быть в значительной степени нивелирующим старение хвои лесного полога.

В целом изменение фракций фитомассы в сосновых древостоях соответствует выявленным ранее особенностям распределения ассимилятов в хвойных растениях [5; 6; 27; 28; 30]. Возрастное изменение фракций фитомассы соответствует принятому в биологии принципу оптимальности, согласно которому максимальное количество ассимилятов распределяется в надземной части и корневой системе таким образом, чтобы обеспечить максимальный прирост вегетативной массы растения [15; 29]. В древостоях старших возрастных групп все показатели прироста фитомассы снижаются, но принцип равномерности сохраняется. Этот факт также соответствует принципу оптимальности: даже если рост лимитируется ресурсами (в данном случае – снижением с возрастом ассимиляционной активности хвои в расчете на единицу живой массы древостоя), в растении реализуется оптимальная стратегия распределения ассимилятов [26].

Вместе с тем известно [11], что у однолетних растений максимум ассимилятов распределяется в таком направлении, чтобы обеспечить к окончанию вегетационного периода максимальную продукцию репродуктивной массы. В связи с обсуждением представленных данных можно предположить, что сочетанием двух стратегий – максимального прироста вегетативной массы и затратами на репродукционный процесс определяется стремительное снижение текущего прироста в сосновых древостоях с возрастом.

Заключение

Таким образом, в представленной работе проведён анализ динамики фракций фитомассы и их соотношений в сосновых древостоях в процессе возрастного развития. Выявлено равномерное увеличение от 1-й к 4-й возрастной группе масс всех фракций при преимуществе в скорости нарастания фракций стволов и изменении их долевого отношения – снижения доли коры и хвои, увеличения доли стволов и стабилизации долей корней и древесины кроны. Во всех возрастных группах отношение массы хвои к массе отдельных фракций (как показатель уровня их обеспеченности продуктами фотосинтеза) и отношение массы отдельных фракций к массе хвои (как показатель «нагрузки» на хвою как источник ассимилятов) изменяется равномерно с незначительным преимуществом наименьших и наибольших по массе фракций. Возрастное увеличение массы древесины кроны и изменение её соотношения с массой хвои наиболее близки к аналогичным показателям, рассчитанным для фракции надземной части и всей фитомассы древостоя.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что регуляция фотосинтетического потока углерода в сосновых древостоях в процессе их возрастного развития происходит в направлении равномерно понижающегося уровня поступления продуктов фотосинтеза на поддержание всех фракций фитомассы. Более быстрое снижение текущего прироста в возрастном ряду может быть обусловлено не только снижением фотосинтетической активности лесного полога, но и, предположительно, затратами на плодоношение.

Список литературы

1. Атлас. Иркутская область (экологические условия развития). – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. – 90 с.
2. Ващук Л. Н. Динамика лесных пространств Иркутской области / Л. Н. Ващук, А. З. Швиденко. – Иркутск : Иркут. обл. тип. № 1, 2006. – 392 с.
3. Забуга В. Ф. Дыхание сосны обыкновенной / В. Ф. Забуга, Г. А. Забуга – Новосибирск : Наука, 2013. – 208 с.
4. Кашапов Р. Ш. Опыт оценки стока атмосферного углерода в Башкортостане (РБ) / Р. Ш. Кашапов, А. А. Кулагин // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2008. – Т. 10, № 2. – С. 298-302.
5. Козина Л. В. Особенности оттока и запасаения ассимилятов у растений *Picea jezoensis* и *Pinus koraiensis* / Л. В. Козина // Физиология растений. – 1986. – Т. 33, вып. 1. – С. 56–65.
6. Козина Л. В. Транспорт и распределение ассимилятов у хвойных пород Приморья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л. В. Козина. – М., 1987. – 16 с.
7. Кокорин А. О. Вклад российских лесов в мировой баланс углерода и задачи лесной отрасли после ратификации Киотского протокола / А. О. Кокорин // Устойчивое лесопользование. – 2004. – № 4 (6). – С. 16–20.
8. Коровин Г. Н. Проблемы реализации Киотского протокола в Российском лесном секторе / Г. Н. Коровин // Роль механизмов Киотского протокола в развитии лесо- и землепользования в России. Семинар. – М., 2005. – 24 с.
9. Леса и лесное хозяйство Иркутской области / Л. Н. Ващук [и др.] – Иркутск, 1997. – 288 с.
10. Лесотаксационный справочник / Б. И. Грошев [и др.] – М. : Лес. пром-сть, 1980. – 288 с.
11. Молдау Х. А. Компоненты темнового дыхания фасоли при дефиците воды / Х. А. Молдау, Л. Х. Сыбер, М. О. Рахи // Физиология растений. – 1980. – Т. 27, вып. 1. – С. 5–10.
12. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Прогресс, 1975. – 740 с.
13. Петренко Е. С. Изменчивость числа смоляных ходов в хвое сосны обыкновенной / Е. С. Петренко // Лесоведение. – 1967. – № 6. – С. 76–83.
14. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л. Ф. Правдин – М. : Наука, 1964. – 190 с.
15. Рачко П. Имитационная модель динамики роста дерева как элемента лесного биогеоценоза / П. Рачко // Вопросы кибернетики. Управление и оптимизация в экологических системах. – М. : АН СССР, 1979. – С. 73–111.
16. Сезонные изменения фотосинтетической активности и зеленых пигментов у сосны обыкновенной и ели сибирской в оптимуме и экстремальных условиях увлажнения / Г. Г. Суворова [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2011. – № 6. – С. 851–859.
17. Смолоногов Е. П. Справочные таблицы для таксации лесов северной и средней тайги Западной Сибири / Е. П. Смолоногов. – Свердловск, 1970. – 99 с.
18. Суворова Г. Г. Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири / Г. Г. Суворова – Новосибирск : Гео, 2009. – 195 с.
19. Суворова Г. Г. Фотосинтетическая продуктивность хвойных древостоев Иркутской области / Г. Г. Суворова, Е. В. Попова. – Новосибирск : Гео, 2015. – 95 с.
20. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии / А. З. Швиденко [и др.]. – М., 2008. – 886 с.

21. Титлянова А. А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах / А. А. Титлянова – Новосибирск : Наука, 1977. – 221 с.
22. Углекислотный газообмен хвойных Предбайкалья / А. С. Щербатюк [и др.] – Новосибирск : Наука, 1991. – 135 с.
23. Фотосинтез хвойных как индикатор их экологических особенностей / А. С. Щербатюк [и др.] // Бот. журн. – 1999. – Т. 84, № 6. – С. 117–124.
24. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири. Ч. 2 : учеб. пособие / Э. Н. Фалалеев [и др.] – Красноярск : Краснояр. рабочий, 1975. – 195 с.
25. Щербатюк А. С. Углекислотный режим сосновых молодняков Прибайкалья / А. С. Щербатюк // Лесоведение. – 2000. – № 3. – С. 22–29.
26. Cohen D. Maximizing final yield when growth is limited by time or by limiting resources / D. Cohen // Journal of Theoretical Biology. – 1971. – Vol. 33. – P. 299–307.
27. Gordon G. C. Seasonal course of photosynthesis respiration and distribution of ^{14}C in young *Pinus resinosa* trees as related to wood formation / G. C. Gordon // Plant Physiology. – 1968. – Vol. 43, N 10. – P. 1617–1624.
28. Loach K. Production, storage and use of photosynthate during shoot elongation in balsam fir / K. Loach, C. H. A. Little // Can. J. of Botany. – 1973. – Vol. 51, N 6. – P. 1161–1168.
29. Paltridge G. W. Experiments on a mathematical model of a pasture / G. W. Paltridge // Agricultural Meteorology. – 1972. – Vol. 10. – P. 39–44.
30. Ursino D. J. Seasonal changes in the distribution of photoassimilated ^{14}C in young pine plants / D. J. Ursino, C. D. Nelson, G. Krotkov // Plant Physiology. – 1968. – Vol. 43, N 6. – P. 845–852.

Analysis of Pine Stands Biological Productivity in Age Groups Using Forest Management Data

G. G. Suvorova

Siberian Institute of Physiology and Biochemistry of Plants SB RAS, Irkutsk

Abstract. Analysis of age-related changes of phytomass fractions and their ratios in common pine forest stands in Irkutsk Region was conducted. For these aim the tables and models of growth and productivity for regional modal pine forests stands with mean ratio of the tree crown area to that of the plantation 0.7 and quality class III were used. There is shown, that from 1 to 4 scale of age the whole phytomass of pine stand increases nearly 4.4 times. The stem part rises with aging from 68 to 73 % of whole phytomass at lowering parts of stem crust and needles mass from 11 to 5 % and from 10 to 8 %, in that time crown wood, roots and overground mass parts remain in practice constant – 9, 13 и 87 %. All the fractions, except needles, increase from 1 to 4 scale of age successively by 2, 3 and 4 times with insignificant advantage of roots and stems. The needle mass after 2 age group changes weakly. The ratio of needle mass to mass of separate fractions as a measure of availability of assimilates for maintenance of forest stand living mass, gradually brings down to 75, 60 and 40 % from 1 to 4 age groups. The results permit to conclude that the regulation of photosynthetic current via ageing of pine forest stand is occurred to evenly reducing of assimilate level entering for maintenance all the fractions of living phytomass. The lowering of stem increment in age-related row with more rapid rate cannot be conditioned by only crown photosynthesis lowering.

Keywords: pine forest stands, scale of age, phytomass fractions, stem, needles, theory of optimality.

*Суворова Галина Георгиевна
доктор биологических наук, ведущий
научный сотрудник
Сибирский институт физиологии
и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
тел.: (3952)42-46-92
e-mail: suvorova@sifibr.irk.ru*

*Suvorova Galina Georgievna
Doctor of Sciences (Biology), Leading
Research Scientist
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
132, Lermontov st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-46-92
e-mail: suvorova@sifibr.irk.ru*